

**Zborník príspevkov**  
z medzinárodného vedecko-odborného seminára



**NÁBYTOK A VÝROBKY**  
**Z DREVA 2024**

**22. október, 2024**  
**Zvolen**

„Máme v  drevo“

Recenzenti: doc. Ing. Pavol Joščák, CSc., Tulská 3, Zvolen, SK  
prof. Ing. Pavlo Bekhta, DrSc., Department of Wood-Based Composites, Cellulose  
and Paper, Ukrainian National Forestry University, Lviv, UA.

**Editor:** doc. Ing. Nadežda Langová, PhD.

**Rozsah:** 146 strán, 7,15 AH

**Vydanie:** I. – október 2024

**Elektronické vydanie:** Vydavateľstvo TU Zvolen

**Vydavateľ:** Technická univerzita vo Zvolene

Za obsah príspevkov zodpovedajú autori a recenzenti. Rukopis neprešiel jazykovou úpravou.

Určené pre účastníkov medzinárodného vedecko-odborného semináru „Nábytok a výrobky z dreva 2024“, ktorý sa konal 22. októbra 2024. Táto publikácia bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-22-0238 a projektom VEGA 1/0264/22.

© Technická univerzita vo Zvolene

ISBN 978-80-228-3439-1

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

Podujatie je organizované s podporou:



## OBSAH

<b>Elena Farkašová, Margaréta Janovcová</b> „Sonda do nových pohľadov na textil v dizajne nábytku“ .....	<b>4</b>
<b>Zuzana Vidholdová, Klaudia Mikulová</b> "Aspekty udržateľnosti a kvality dreveného nábytku vo vybraných krajinách juhovýchodnej Ázie" .....	<b>16</b>
<b>Andrii Spirochkin, Olena Pinchevska, Yuriy Lakyda, Denys Zavyalov</b> „Drying of sawn timber products as a stage in the manufacture of high-quality wood products“ .....	<b>28</b>
<b>Šimon Beliansky, Nadežda Langová</b> „Problematika navrhovania inovatívnych nábytkových spojovacích prostriedkov“ .....	<b>31</b>
<b>Júlia Kaštierová, Roman Nôta</b> „Veľkoformátová 3D tlač pri výrobe nábytku“ .....	<b>40</b>
<b>Anna Vilhanová, Marek Merčiak</b> „Vplyv vybraného typu šijacej nite na účinnosť šitých spojov“ .....	<b>48</b>
<b>Henrich Lübke, Vladimír Ihnát, Rastislav Čerešňa</b> „Príprava drevotriekových dosiek studeným dolisovaním“ .....	<b>53</b>
<b>Ján Matyašovský, Igor Novák, Peter Jurkovič, Peter Duchovič, Ján Sedliačik</b> „Zníženie emisie formaldehydu z dosiek na báze dreva modifikáciou polykondenzačných UF lepidiel“ .....	<b>61</b>
<b>Marek Vojtkuliak, Patrik Halčín</b> „Vylahčené drevné materiály na báze dýh“ .....	<b>69</b>
<b>Gabriela Slabejová, Mária Šmidriaková, Zuzana Vidholdová, Ján Svocák</b> „Medzivrstva s mikrokapsulami a jej vplyv na adhéziu pigmentovanej povrchovej úpravy na dubovom dreve“ .....	<b>76</b>
<b>Alena Očkajová, Martin Kučerka</b> „Výkonnosť brúsiaceho prostriedku“ .....	<b>83</b>
<b>Gabriela Slabejová, Lukáš Adamčík, Maroš Ďurík</b> „Drsnosť povrchu nábytkových dielcov z bukového dreva opracovaných na CNC stroji“ .....	<b>91</b>
<b>Ladislav Dzurenda, Michal Dudiak</b> „Farba bukového dreva po eliminácii farebných rozdielov medzi farbou dreva bele a nepravého jadra procesom parenia“ .....	<b>103</b>
<b>Richard Hrčka, Anna Vilhanová, Dominik Bahno</b> „Meranie priepustnosti a retenčnej schopnosti poťahových čalúnnických materiálov“ .....	<b>109</b>
<b>Jozef Fekiač</b> „Odrhová pevnosť perforovaných povrchových vrstiev v preglejovanom materiáli lepenom HDPE fóliou“ .....	<b>114</b>
<b>Mojmír Choma, Zuzana Vidholdová, Tomáš Kolář</b> „Dendrochronologické datovanie historických dverí a brán na slovensku – príklady z praxe“ .....	<b>120</b>
<b>Stanislava Švatner Troppová, Roman Nôta</b> „Drevené obklady inak“ .....	<b>131</b>
<b>Rastislav Čerešňa</b> „Ekonomická úspešnosť inovácií v drevospracujúcom priemysle“ .....	<b>138</b>



## SONDA DO NOVÝCH POHĽADOV NA TEXTIL V DIZAJNE NÁBYTKU

Elena Farkašová – Margaréta Janovcová

### Abstrakt:

Vo vzťahu k ľudskému telu je nábytok (hneď po odevu) druhou najkontaktnejšou sférou produktového dizajnu. Textil nás pohládza, poskytuje nám útočisko, zmäkčuje, izoluje či tlmí – ovplyvňuje nás fyzicky i psychicky. Príspevok sa zameriava na výskum jeho nových možností s cieľom rozšíriť hranice termínov „čalúnenie“ a „textil v interiéri“ od tradičného ponímania k novým pohľadom. V kontexte textilu reflektuje ľudskú telesnosť a psychiku v ich dynamickom rozmere a tiež súčasné socio-kultúrne, etické, environmentálne a ekonomické procesy. Okrem tradičnej aplikácie textilu v procese tvorby dizajnu nábytku poukazuje na dizajnérsky výskum v oblasti nových materiálov a technológií, ktoré sú reakciou na súčasné spoločenské výzvy. Konkrétnymi príkladmi definuje možný príspevok dizajnu k udržateľnosti a potvrdzuje, že hoci dizajn nedokáže vyriešiť všetky problémy, dokáže byť súčasťou každého riešenia.

**Kľúčové slová:** textil, dizajn nábytku, udržateľnosť, nové výzvy, komfort

### Abstract:

In relation to the human body, furniture (right after clothing) is the second most contact sphere of product design. Textiles look at us, provide us with refuge, soften, insulate or cushion us - they affect us physically and psychologically. The paper focuses on the research of its new possibilities in order to expand the boundaries of the terms "upholstery" and "textile in the interior" from the traditional understanding to a new perspective. In the context of textiles, it reflects human physicality and psyche in their dynamic dimension, as well as current sociocultural, ethical, environmental and economic processes. In addition to the traditional application of textiles in the process of creating furniture design, it draws attention to designer research in the field of new materials and technologies, which are a response to current social challenges. With concrete examples, he defines a possible design for sustainability and confirms the contribution that, although design needs all problems, part of the solution.

**Keywords:** textile, furniture design, sustainability, new challenges, comfort

## ÚVOD

Z historického hľadiska predstavuje uplatnenie textilu v nábytku a interiéri najmä účinný spôsob zvyšovania komfortu obývaného prostredia z aspektu ľudského fyzického i psychického rozmeru v celej jeho zjavnej i skrytej dynamike. Komfort vnímaný ako interakcia ľudského organizmu a prostredia je predmetom záujmu dizajnérov rovnako na úrovni subjektívnej (emočného prežívania používateľa) ako aj objektívnej (podloženej vedeckými analýzami). Obe tieto polohy môžu koexistovať ako spojené nádoby alebo podľa charakteru konkrétneho dizajnárskeho zadania môže niektorá z nich nadobúdať na význame. Jedným z teoretických východísk skúmania textilu v interiéri je preto súhrn výskumov a informácií nielen z umeleckej oblasti a dizajnu ale i psychológie, sociológie, antropológie, medicíny a ergonómie, ktoré v mnohom interdisciplinárne presahujú do tvorby vnútorného prostredia. Kotradyová (2015) poukazuje na súvislosť vlastností prostredia (zdravý interiér a mikroklima) s ľudským správaním, pocitom pohody<sup>1</sup> alebo stresu s priamym aj nepriamym vplyvom na celkové



zdravie, medziľudské vzťahy a kvalitu života človeka. Zdôrazňuje problematiku zmyslového vnímania a interakcií s prostredím, ktorými je definované pociťovanie komfortu.

Ďalšie konotácie komfortu, akými sú napríklad predstava luxusu, nadbytku či plytvania obracajú pozornosť dizajnérov ku faktorom, ktoré nemusia byť prínosné alebo sú škodlivé. V tom momente sa zodpovednosť dizajnu (a dizajnéra) rozširuje a holisticky prekračuje vnímanie danej problematiky z aspektu človeka/ľudskej spoločnosti smerom k širším environmentálnym a etickým súvislostiam.

## METODIKA

Príspevok je koncipovaný ako teoretická sonda do nových pohľadov na uplatnenie textilu v dizajne nábytku. Na základe vybraných príkladov z aktuálnej dizajnerskej produkcie, ich analýzy a zatriedenia do nižšie uvedených skupín poukazuje (cez prizmu súvislostí naznačených v úvode) na súčasné prístupy a výskum jeho nových možností v rozsahu od tradičného ponímania k novým pohľadom v kontexte aktuálnych spoločenských výziev udržateľného rozvoja.

### **Pociťovanie pohody ako subjektívny emočný kontrolný mechanizmus komfortu:**

Tradičné uplatnenie textilu v rámci celočalúnenej sofy (obr. 1) ponúka používateľovi v prvom pláne fyzické pohodlie počas krátkodobého odpočinku, keď ergonómia definovaná pre dlhodobý odpočinok nie je potrebná. Vizualne, taktilné, akustické prípadne čuchové či chuťové vlastnosti textilu stimulujú zmysly a spolupracujú na vytvorení optimálneho mikroprostredia pre regeneráciu. V tejto súvislosti treba poznamenať, že hoci asi 90% zmyslových dojmov získavame vizualne, t. j. očami, zmysly nepôsobia osamelo či izolovane ale spolu ako celok. Preto aj prevažne vizualne zážitky a ich estetickú pôsobivosť prežívame tiež prostredníctvom ostatných zmyslov, čo je pri koncipovaní (nielen) nábytkového dizajnu významné.

Predstavené dielo má vo významovej rovine v sebe zakódovaný sentimentálny odkaz – spomienku na starého otca a miesto v kuchyni, ktoré v minulom storočí bývalo miestom poobedňajšieho odpočinku, hier vnúcat či pohodlného sedenia návštev. Produkt ponúka starú funkciu novým zákazníkom na základe súčasných nábytkových trendov. Semiotika produktu sa opiera o sentiment, hľadanie inšpirácie v nedávnej minulosti a antropologizáciu tvaru, ktoré sa spolupodieľajú na emocionalizácii používateľa, čím je – na úrovni spomienok a prostredníctvom dekódovania tvarového odkazu – podporený pocit pohodlia i emocionálnym prežívaním na psychickej úrovni (Farkašová, 2018).

Textil je participujúcim prostriedkom zabezpečenia fyzickej a psychickej pohody aj v nasledujúcich konceptoch čalúneneho sedenia (obr. 2 – 13).

Unikátny dizajn konceptu HowCouch (Vražel, 2019) dáva možnosť variovat' podľa potreby organizáciu sedenia/krátkodobého ležania, čím koreluje s ľudským/používateľským správaním. Umožňuje tiež povýšiť odpočinok so spoločenským zvierat'om na spontánnu domácu canisterapiu. Zároveň rieši zvýšené požiadavky takejto pridanej funkcie na údržbu, hygienu či mechanické vlastnosti čalúnenia.

Kreslo Bondia (Holubčíková, 2024) predstavuje dizajnersky zámer podporiť interakciu dvoch generácií používateľov. Sedenie oblým tvaroslovím i behom línií reaguje a vytvára harmóniu s prirodzeným tvaroslovím ľudského tela. V detailoch zohľadňuje potreby oboch generácií. Taktilné kvality – mäkkosť, prítulosť, hrejivosť a štruktúra látky buklé v kombinácii s prírodným drevom navodzujú fyzické a psychologické pocity harmónie, pohodlia a pohody ako na návšteve u starých rodičov. Zemité farebné odtiene ukladujú tvarovo expresívnu

<sup>1</sup> Pociťovanie pohody ako emočný kontrolný mechanizmus komfortu.





kompozíciu a podporujú jej osobitý výraz i funkčno-prevádzkové vlastnosti (kritérium údržby a pod.)

Pack (obr. 11 – 13), predstavuje príklad autorského nábytku, ktorého zoomorfná časť (medveď ležiaci na boku ako opierka) podporuje, objíma a víta. Poskytuje pocit ochrany, pohodlia a oslobodenia od akéhokoľvek obmedzení. Demonštruje schopnosť textilného objektu stať sa silnou emočnou zložkou interiéru, nástrojom generovania emócií. Sedadlo je polstrované Gellyfoam® a perím, potiahnuté špeciálnou tkaninou s textúrou podobnou ľadovým vrstvám. Operadlo je mäkké, vyrobené z polyesteru a potiahnuté ekologickou kožušinou. „Do centra sme postavili človeka, najvyššie prania, ktoré všetci máme v oblasti pohodlia a relaxu, a každý deň pracujeme na dosiahnutí tohto cieľa. Pohodlie od Edry je mimoriadna dimenzia života, ktorú možno prezentovať rôznymi spôsobmi, no vždy na najvyššej úrovni.“ (Edra, 2024)



**Obr. 1: Divan, 2012, dizajn Marián Ihring, výroba Mobilier Design, s.r.o., Piešťany**



**Obr. 2 – 3: HowCouch, 2019. dizajn Matej Vražel, výroba Przemek TapiExpert, Bielsko-Biala (Archív, 2019)**



**Obr. 4: Snail, 2019, dizajn: Matej Záborský (Archív, 2019)**



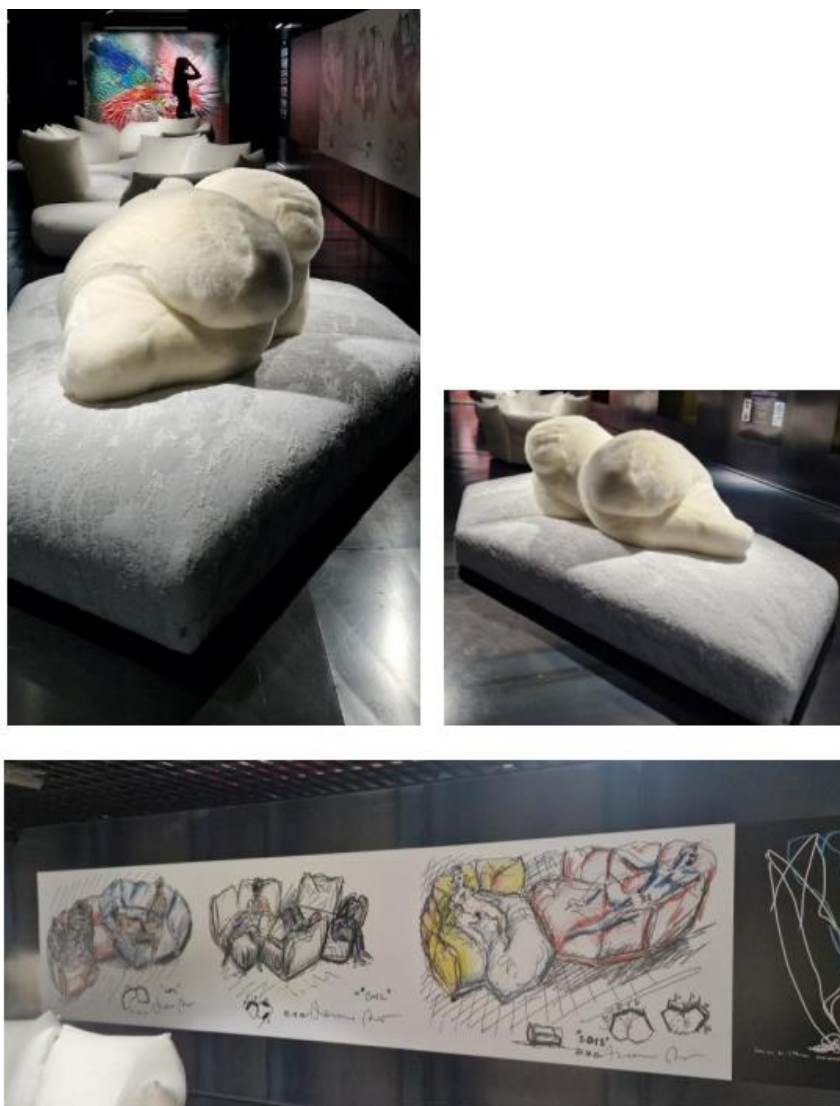
**Obr. 5 – 6: Bondia, 2024. dizajn Iveta Holubčíková**



**Obr. 7: RSD Graffiti, 2023, dizajn Richard Sekerák, výroba MiSe Style (Archív, 2024)**



**Obr. 8 – 10: Kolekcia pufov Kosmos, 2024, dizajn Karim Raschid pre MIDJ (Archív, 2024)**



Obr. 11 – 13: Pack, 2017 (hore) a štúdie sedacieho nábytku (dole), dizajn Francisco Binfaré pre Edru (Archív, 2024)

### **Textilné vlastnosti netextilných materiálov v dizajne nábytku**

Materiál má svoje osobité charakteristické vlastnosti, ktoré vyplývajú z jeho podstaty. Tieto podstatné vlastnosti sú špecifické pre jednotlivé druhy materiálov. K základným vlastnostiam tradičných textilných materiálov z pohľadu výtvarných výrazových prostriedkov a estetických kritérií dizajnerskej tvorby patria:

#### Hmota

Tvárnosť ako elementárna vlastnosť textilnej hmoty umožňuje vytvárať z amorfnej textílie zložitejšie (esteticky, funkčne, technicky) typ výrobku, pričom novovzniknutý produkt môže mať natrvalo alebo nadhlo tvar, ktorý sme mu dali. Súvisiace pojmy: mäkkosť, poddajnosť, splývavosť, krčivosť/nekrčivosť, pevnosť, pružnosť, spôsoby tvarovania a spájania – záhyb, riasenie, šev, väzba a ďalšie. Samotná hmotnosť a hustota textílie je silným výrazovým prostriedkom, podstatne ovplyvňuje vzhľad, pôsobivosť a estetický účinok (odhmotnená záclona vs. ťažký koberec a pod.)





### Povrch

Štruktúra, textúra, faktúra, dezén a s nimi súvisiace vlastnosti ako napríklad lesk, transparentnosť, plstnatosť, vzdušnosť, nasiakavosť, taktilné vlastnosti súvisiace s priamym kontaktom s textilným materiálom ako hrejivosť, chladivosť, hebkosť, drsnosť, jemnosť, pričom podobné asociácie vyvolávajú aj produkty, ktoré vnímame len zrakom.

### Farba

Prírodná farba textilného materiálu a farbivosť.

### Línia

Reprezentovaná textilným vláknom, niťou, priadzou. Okrem estetického a psychologického vnímania vlastností textilnej línie/čiary sa často v umeleckej tvorbe stretávame s jej symbolikou alebo metaforou (niť života spriadaná bohyňou Lachesis, Ariadnina niť z báje o Minotauovi ako súčasné obrazné vyjadrenie vodidla, ktoré nám pomáha zorientovať sa v spleťtých situáciách).

V prepojení na funkčné či psychologické kritériá dizajnu sú často využívané tiež akustické a termoizolačné vlastnosti textilu.

Nasledujúci výber z dizajnerskej tvorby má poukázať na schopnosť dizajnu vytvoriť netextilné riešenia, pri ktorých si asociujeme textilné vlastnosti, resp. textilný výraz.



Obr. 14: Airpack – sedenie z papiera, 2019, dizajn Ivan Jedinák (Made in Paper, 2019)



Obr. 15: Sedenie Rebag – upcykling igelitových tašiek., 2019, dizajn Tomáš Takács (Taste the waste, 2020)



**Obr. 16: Sitting in motion Tire – upcykling použitých pneumatík, 2020, dizajn Ivana Gondová (Taste the waste, 2020)**



**Obr. 17: Molight, 2021, dizajn Šimon Valovič (Long Life Project, 2022) Mäkká línia evokujúca textilné vlákno a plátňová väzba na interiérovom doplnku z polyuretanej peny. Doplnok interiéru je vytvorený z odpadu. Tvar svietidla rešpektuje a nadväzuje na tvar materiálu ako bol rezaný v minulom živote.**



**Obr. 18: Into Sitting, 2021, dizajn Veronika Vavriková (Design x Hobby, 2024).  
DIY koncept bezpečného hniezda, kde sa môžete ponoriť do svojho sveta  
využívaj ako alternatívu vlastností čalúnenia materiál na izoláciu potrubia Sanflex.**



Obr. 19: Kreslo Varhany s penovým čalúnením, 2016, dizajn Frederik Dedik (Behance, 2024)

### Upcyclácia textilu ako východisko dizajnerskej tvorby

#### FabBRICK – premena textilného odpadu na hodnotný interiérový/stavebný materiál.

Francúzska spoločnosť upcykluje textilný odpad na eko-tehly (drvené látky zmiešané s ekologickým spojivom). Vytvára materiál uplatniteľný v interiérovom dizajne najmä na výrobu nábytku, dekorácií, obkladových panelov a dokonca aj na stavbu interiérových priečok. Výrobky FabBRICK sú tepelnými a akustickými izolantmi. Súčasný remeselný proces sa snažia posunúť smerom k industrializácii. Spracujú 12 ton recyklovaného materiálu ročne, s výrobou okolo 40 000 tehál.



Obr. 20 – 21: FabBRICK, Galéria Lafayette (Internimagazine, 2024)

#### Štúdio Mixtura – textilná architektúra

Štúdio Mixtura sa zameriava na upcycláciu textilného odpadu a starých oblečení v rámci svojho projektu Textilná architektúra, kde vytvárajú nábytok a interiérové doplnky z opotrebovaných materiálov. Cieľom je znižovanie odpadu. Kombinujú rôzne materiály a techniky na vytvorenie ekologických a esteticky príťažlivých riešení novej hodnoty pre interiéry.





**Obr. 20 – 21: Textilné paravány, spolupráca Mixtura x Palanzone Studio (Palanzone, 2024)**

### Tobias Juretzek – projekt Rememberme

Nemecký dizajnér v rámci svojho projektu transformuje staré oblečenie na umelecké a funkčné nábytkové kusy. Staré oblečenie a textilie lisuje s použitím živice do tvarov nových produktov – stoličiek a stolov. Každý kus je jedinečný a zachováva si viditeľné prvky pôvodného oblečenia, čím nesie so sebou aj osobný príbeh a spomienky.



**Obr. 22: Rememberme, dizajn Tobias Juretzek (Studionito, 2024)**

### The Chairhouse

Britská značka transformuje opotrebované drevené stoličky tým, že ich čalúni starými vlnenými svetrami. Každý kus je unikátny a vyrábaný v malých sériách, čím kombinuje remeselnú kvalitu s ekologickým prístupom.



**Obr. 23: The Chairhouse (Upcyclist, 2017)**





### Vega Zaishi Wang & Elaine Ng Yan Ling – projekt Unfolding

Čínske dizajnérky Vega Zaishi Wang a Elaine Ng Yan Ling spolupracovali na projekte, kde využili staré oblečenie na výrobu nábytku. Kombináciou textilných vrstiev a inovatívnych techník (tkanie a lisovanie starých textílií do tvarov) vytvorili objekty, ktoré pripomínajú tradičný nábytok, ale s unikátnou textúrou a príbehom. Ich práca zdôrazňuje prepojenie medzi módou a interiérovým dizajnom. Výsledkom sú unikátne, umelecké kúsky s dôrazom na udržateľnosť.



**Obr. 23: Detail z projektu Unfolding, dizajn Vega Zaishi Wang & Elaine Ng Yan Ling (Elaineyanling, 2024)**

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Do výberu boli zaradené dizajnérske projekty, ktoré dokumentujú východiskové tematické okruhy v rámci predvýskumu k projektu Prítulný nábytok – dizajn (2025 – 2027). Prvá etapa prinesie analýzu tradičných aj súčasných spôsobov vytvárania kontaktného nábytkového dizajnu. Združené dáta, informácie a poznanie budú následne integrované do procesov tvorby dizajnu mobiliáru, interiéru, exteriéru, obývaného a užívaného prostredia a prvkov v ňom. „Prítulný nábytok“, ktorý bude predmetom navrhovania má v tejto časti ambíciu poskytnúť zvýšenú/vysokú mieru pohodlia, komfort, úľavu, relaxáciu (fyzickú/psychickú). Keďže súčasnosť charakterizuje pribúdajúca záťaž (nárast počtu neurologických a iných ochorení z postcovidového syndrómu, ďalší boom civilizačných ochorení, psychických porúch a pod.), je viac než inokedy potrebné vytvárať funkčné miesta regenerácie a obnovy rovnováhy. Druhá etapa je zameraná na zmenu paradigmy v ponímaní komfortu (možný posun od personálneho k sociálnemu alebo environmentálnemu rozmeru riešenia a pod.) a hľadanie alternatívnych spôsobov vytvárania elastických štruktúr alebo tuhých „textilných“ foriem aplikovateľných do dizajnu nábytku alebo prvkov interiéru, kedy textil nemusí byť vo výsledku len textilom (reakcia na témy ako nové, environmentálne udržateľné materiály, recykláty, redizajn, reuse, upcycling, cirkulárna ekonomika, úspora energií a materiálnych zdrojov či implementácia princípov Nového európskeho Bauhausu reprezentovaných heslom krásne, inkluzívne, udržateľne).

## ZÁVER

Téma textilu v dizajne nábytku predstavuje široké spektrum problematiky a súvisiacich aspektov. Ambíciou príspevku je poukázať okrem tradičnej aplikácie textilu v tvorbe nábytkového dizajnu aj na dizajnérsky výskum v oblasti nových materiálov a technológií, ktoré sú reakciou na súčasné spoločenské výzvy. Konkrétnymi príkladmi a zámermi pripravovaného projektu Prítulný nábytok sme definovali možný príspevok dizajnu k udržateľnosti a prijali



výrok, že hoci dizajn nedokáže vyriešiť všetky problémy, dokáže byť súčasťou každého riešenia. Sféra dizajnerských riešení sa už dnes nevyčerpáva len dizajnom predmetného prostredia, ale čoraz viac zahŕňa usporiadanie životných pomerov a to, aký charakter majú mať formy nášho konania, pričom hľadanie zmyslu a nevyhnutnosť pretvárania spoločnosti na všetkých úrovniach sa považuje za najnovšiu (transformatívnu) kompetenciu dizajnu.

## LITERATÚRA:

ARCHÍV FARKAŠOVÁ, E. (2019 – 2024).

BAUGHOVÁ, G. (2012). Encyklopedie textilních materiálů. Slovart, Bratislava, 2012, ISBN 978-80-7391-615-9.

BEHANCE. Varhany lounge chair. [online]. [cit.10.3.2024]. Dostupné na internete: <https://www.behance.net/gallery/34351595/VARHANY-lounge-chair>

DESIGN X HOBBY. (2024). Into Sitting. [online]. [cit.2.9.2024]. Dostupné na internete: <http://designxhobby.cz/>

DESIGNWANTED. From soft fabrics to solid walls: FabBRICK reinvents construction materials with recycled textile waste. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://designwanted.com/fabbrick-constructionmaterials-recycled-textile/>

DEVORM. Sustainability. [online]. [cit.25.9.2024]. Dostupné na internete:

<https://www.devorm.nl/about/sustainability>

DEZEEN. Jorge Penadés creates furniture from waste leather. [online]. [cit.26.9.2024]. Dostupné na internete:

<https://www.dezeen.com/2015/06/16/jorge-penades-creates-furniture-from-waste-leather/>

DEZEEN. Nienke Hoogvliet's Sea Me furniture is made from woven seaweed. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://www.dezeen.com/2016/07/17/sea-me-furniture-studio-nienke-hoogvliet-design-seaweedwoven-algae-table-chair/>

EDRA. Pack. [online]. [cit.10.4.2024]. Dostupné na internete: <https://www.edra.com/en/publication/Pack/>

EDRA. Comfort. [online]. [cit.10.4.2024]. Dostupné na internete: <https://www.edra.com/en/visart/194256/Comfort>

ELAINEYANLINGNG. Biography. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://www.elaineyanlingng.com/biography>

EMMATERWEDUWE. Creating bespoke and tactile textile pieces. Weaving colours, textures and bold graphics. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://emmaterweduwe.com/>

FARKAŠOVÁ, E. (2018). Podoby dizajnu – Marián Ihring. Umelecká monografia, Technická univerzita vo Zvolene, 2018, 135 s., ISBN 978-80-228-3080-5.

HOLUBČÍKOVÁ, I. (2024). Sedenie pre užívateľa so špecifickými potrebami. Bakalárska práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 66 s.

INTERNIMAGAZINE. #STORIE 2024 Textile upcycling: from soft to firm. [online]. [cit..9.9.2024]. Dostupné na internete: <https://www.internimagazine.com/design/materials/textile-upcycling-da-morbido-a-solido/>

KOTRADOVÁ, V. (2015). Komfort v mikroprostredí. Premedia, 2015, 300 s., ISBN 9788081591617.

LAYERDESIGN. Our Values. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://layerdesign.com/studio/>

LONG LIFE PROJECT. (2022). Molight. [online]. [cit.2.9.2024]. Dostupné na internete: <https://longlifeproject.cz/>

MADE IN PAPER. (2019). Ivan Jedinák. [online]. [cit.2.9.2024]. Dostupné na internete: <https://madeinpaper.eu/>

MATISSE. Tobias Juretzek is an industrial designer who works in the field of product, furniture and exhibition design. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://matisse.co.nz/tobias-juretzek>

MIDJ. Milan Design Week. [online]. [cit.20.4.2024]. Dostupné na internete: <https://www.midj.com/news/midjmilan-design-week-2024>

PALANZONE.STUDIO. Organic-textil-collection. [online]. [cit.9.9.2024]. Dostupné na internete: <https://palanzone.studio/portfolio/organic-textil-collection>

RE-THINKINGTHEFUTURE. Innovative Recycled Materials in Furniture Design. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://www.re-thinkingthefuture.com/materials-construction/a12324-innovativerecycled-materials-in-furniture-design/>



ROSSANAORLANDI. Pieces by Piet Hein Eek. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://www.rossanaorlandi.com/designers/hein-eek-piet/>

SEKERÁK, R. (2023). Kresba ako kreatívny nástroj dizajnu. Dizertačná práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 90 s.

STUDIOMIXTURA. How does mixtura work. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://www.studiomixtura.com/work>

ŠIDLÍKOVÁ, Z. (2013). Textilná tvorba a dizajn v 20. a 21. storočí. Slovart, Bratislava, 2013, ISBN 978-80-89259-74-8.

TASTE THE WASTE. (2020). Projects. [online]. [cit.2.9.2024]. Dostupné na internete: <https://tastethewaste.cz/projects/>

UPCYCLIST. 10 designers making unique furniture and decor from recycled textiles. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://www.upcyclist.co.uk/2017/11/furniture-decor-recycled-textiles/>

VRAŽEL, M. (2019). Zvierá v interiéri. Bakalárska práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 87 s.

### **Pod'akovanie:**

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-21-0015.

ERASMUS plus HU-Volution ID KA220-HED-D59AF515



hu-volution

Realizované v rámci prípravy projektu KEGA 019TU Z-4/2025 Prítulný nábytok (dizajn).

### **Adresa autorov:**

Mgr. Elena Farkašová, ArtD.

Mgr. art. Margaréta Janovcová

Technická univerzita vo Zvolene

Drevárska fakulta

Katedra dizajnu nábytku a interiéru

T. G. Masaryka 24

960 53 Zvolen, SR

farkasovae@tuzvo.sk, xjanovcovam1@is.tuzvo.sk

+421 45 5206 424



## ASPEKTY UDRŽATEĽNOSTI A KVALITY DREVENÉHO NÁBYTKU VO VYBRANÝCH KRAJINÁCH JUHOVÝCHODNEJ ÁZIE

Zuzana Vidholdová – Klaudia Mikulová

### Abstract:

This study examines sustainable wood furniture manufacturing practices in Southeast Asia, with a focus on Thailand, Malaysia, and Singapore. The analysis draws on relevant information from electronic sources, scientific research, and statistical data from academic and national institutions. It identifies the most commonly used types of wood and surface treatments that enhance the quality and durability of furniture. Economic trends indicate a growing demand for sustainable, high-quality products, prompting increased investment in technology and innovation. Manufacturers in the region are adopting sustainable practices, such as responsible wood sourcing and waste reduction, contributing to environmental protection and appealing to eco-conscious consumers. The findings offer valuable insights for manufacturers, designers, and consumers seeking sustainable and quality solutions for their interiors.

**Keywords:** furniture, surface treatment, tropical woods

### ÚVOD

Drevený nábytok z juhovýchodnej Ázie (JV Ázie) je známy svojou jedinečnou kombináciou estetické krásy, funkčnosti a trvanlivosti. Tento región, bohatý na rôzne druhy dreva a iné prírodné materiály, ponúka širokú škálu surovín ideálnych na výrobu nábytku. Remeselníci z JV Ázie využívajú tradičné techniky, ktoré sa odovzdávajú z generácie na generáciu, čím zabezpečujú vysokú kvalitu a jedinečný dizajn každého kusu nábytku. Udržateľnosť je kľúčovým aspektom výroby dreveného nábytku v tomto regióne. Mnohé dielne a výrobcovia sa zameriavajú na zodpovedné získavanie dreva, využívanie obnoviteľných zdrojov a minimalizáciu odpadu. Tieto praktiky nielenže prispievajú k ochrane životného prostredia, ale tiež zvyšujú hodnotu a atraktivitu nábytku pre environmentálne uvedomelých spotrebiteľov.

Cieľom tejto štúdie je preskúmať udržateľné praktiky súvisiace s trhom a výrobou dreveného nábytku z troch krajín JV Ázie. Analýza použitých materiálov a povrchových úprav je zameraná na očakávaný vplyv na kvalitu a trvanlivosť dreveného masívneho interiérového a exteriérového nábytku. Výsledky tejto štúdie môžu poskytnúť cenné poznatky pre výrobcov, dizajnérov a spotrebiteľov, ktorí hľadajú udržateľné a kvalitné riešenia pre svoje interiéry.

### METODIKA

Táto štúdia bola vypracovaná na základe analýzy relevantných informačných a elektronických zdrojov a štatistických údajov národných a nadnárodných inštitúcií, ktoré sa zameriavajú na vybrané krajiny JV Ázie, konkrétne Thajsko, Malajziu a Singapur. Pozornosť bola venovaná charakteristike týchto krajín a sumarizácii vybraných ekonomických aspektov trhu s nábytkom, vrátane analýzy vybraných komodít v tomto segmente. Systematická kompilácia údajov poskytla pohľad na súčasné trendy a technológie v oblasti výroby nábytku v týchto krajinách.





### Charakteristika nábytkového priemyslu:

Thajsko sa aktívne zapája do udržateľných praktík a využívania prírodných materiálov. Krajina zaznamenala významný nárast v počte zelených budov, ktoré sú certifikované podľa štandardu LEED (URL 1) (Poznámka LEED certifikát (Leadership in Energy and Environmental Design) predstavuje medzinárodný štandard pre ekologickú stavebnú architektúru, ktorý vydáva U.S. Green Building Council (USGBC). Tento certifikát sa považuje za jeden z najprestížnejších v oblasti udržateľnej výstavby a je uznaný celosvetovo.). Thajskí dizajnéri a výrobcovia sa zameriavajú na inovatívne využitie prírodných materiálov, ako je napríklad bambus, a na upcycláciu nábytku a textílií a na bio-cirkulárny zelený dizajn, ktorý kombinuje tradičné remeselné techniky s modernými udržateľnými prístupmi (URL 2). Thajský nábytkársky priemysel zažíva významný rast ako odozvu na vzrastajúci počet novopostavených stavieb. Trh s nábytkom v roku 2024 očakáva príjmy vo výške 2,79 mil. USD s ročnou mierou rastu 5,98% do roku 2029 (tab. 1).

**Tabuľka 1. Trh s nábytkom vo vybraných krajinách JV Ázie: očakávaný ročný príjem (za rok 2024) a percentuálna miera rastu v období 2024-2029 (spracované podľa štatistického portálu Statista (URL 3)).**

	Thajsko		Malajzia		Singapur	
	Ročný príjem A (USD)	PRMR B (%)	Ročný príjem A (USD)	PRMR B (%)	Ročný príjem A (USD)	PRMR B (%)
<b>Nábytok<sup>C</sup></b>	2,79 mld.	5,98	4,33 mld.	4,01	1,64 mld.	2,66
<b>Nábytok do obýpacej izby</b>	1,06 mld.	6,76	1,48 mld.	4,11	514,20 mil.	2,82
- skrinky, TV stojany a príručné stolíky	0,67 mld.	6,78	0,93 mld.	4,16	310,40 mil.	2,95
<b>Nábytok do spálne</b>	531,40 mil.	6,60	792,60 mil.	3,58	302,10 mil.	2,57
- posteľe	17,91 mil.	6,48	20,85 mil.	3,71	16,90 mil.	2,76
- skrine, nočné stolíky a komody	194,90 mil.	6,67	287,20 mil.	3,43	92,53 mil.	2,07
<b>Kuchynský a jedáľenský nábytok</b>	181,30 mil.	6,37	269,90 mil.	2,89	109,90 mil.	1,98
- jedáľenské stoly, ostrovy a úložné skrinky (špajze)	121,10 mil.	6,50	178,20 mil.	2,91	76,43 mil.	2,14
<b>Vonkajší nábytok</b>	178,40 mil.	6,58	269,60 mil.	4,09	126,60 mil.	2,09

**Poznámky:** A Ročný príjem, ktorý je očakávaný za rok 2024. B PRMR = Percentuálna ročná miera rastu, ktorá je očakávaná pre obdobie rokov 2024-2029. C Nábytok zahŕňa trh s nábytkom do obýpacej izby, spálne, domácej kancelarie, kuchynský a jedáľenský nábytok, svietidlá a osvetlenie, domácu výzdobu a vonkajší nábytok; mil. = milióny, mld. = miliardy.

Thajsko sa zameriava na moderné a minimalistické dizajny, ktoré odrážajú rastúcu urbanizáciu a túžbu po funkčnom interiérovom nábytku a zariadení (tab. 2). Krajina tiež investuje do exportu nábytku, pričom vláda podporuje rozvoj exportných kancelárií a medzinárodných veľtrhov.



**Tabuľka 2. Dopyt spotrebiteľov pre interiérový a exteriérový nábytok (spracované podľa štatistického portálu Statista (URL 3)).**

<b>Krajina</b>	<b>Dopyt spotrebiteľov</b>
<b>Thajsko</b>	<p><b><u>Interiérový nábytok:</u></b>                      - Dopyt po vysokokvalitných, funkčných, moderných a na mieru navrhnutých komoditách nábytku pre domácich a zahraničných spotrebiteľov.</p> <p><b><u>Exteriérový nábytok:</u></b>                      - Dopyt v dôsledku rastúceho turistického priemyslu a rastúcou popularitou vonkajších obytných priestorov.</p>
<b>Malajzia</b>	<p><b><u>Interiérový nábytok:</u></b>                      - Dopyt po ekologických a udržateľných výrobkoch, ktorý je poháňaný zvyšujúcim sa povedomím spotrebiteľov a vládnyimi iniciatívami. Dopyt po modernom a priestorovo úspornom nábytku sa zvyšuje v dôsledku obmedzených obytných priestorov v mestských oblastiach. Dopyt po miestne vyrobenom drevenom nábytku kvôli jeho tradičnému remeselnému spracovaniu a kultúrnemu významu.</p> <p><b><u>Exteriérový nábytok:</u></b>                      - Dopyt rastie kvôli tropickému podnebiu a rastúcemu záujmu o vonkajšie obytné priestory.</p>
<b>Singapur</b>	<p><b><u>Interiérový nábytok:</u></b>                      - Dopyt po moderných a minimalistických komoditách, čo odráža preferenciu krajiny pre elegantný a funkčný dizajn nábytku, so zvýšeným dôrazom na efektivitu a multifunkčnosť nábytku - malé obytné priestory a obmedzená plocha výstavby v krajine vyžaduje efektívne využitie priestoru. Bohatá populácia má zvýšené požiadavky na kvalitu a pohodlnosť.</p> <p><b><u>Exteriérový nábytok:</u></b>                      - Dopyt po štýlovom a priestorovo úspornom nábytku s vysokou odolnosťou voči vonkajším podmienkam, čo odráža dôraz krajiny na maximalizáciu obmedzeného obytného priestoru.</p>

Malajzia je treťou najväčšou ekonomikou v regióne JV Ázie a 35 vo svete (URL 4). Stáva sa priekopníkom v oblasti udržateľných stavebných materiálov, pričom využíva zdroje ako sú olejové palmové kmene, bambus, kokosové stonky a ryžové šupky (URL 5). V krajine sa prísne kontroluje ťažba a opätovná výsadba viacúčelového druhu, čo vedie k tomu, že niektorí malajzijskí výrobcovia sa sťahujú do Číny. Krajina sa zameriava na prechod k cirkulárnej ekonomike, ktorá podporuje opätovné použitie, recykláciu a minimalizáciu odpadu. Malajzia tiež investuje do výskumu a vývoja udržateľných materiálov, čo odráža jej záväzok k ekologickej udržateľnosti (Ismail a kol. 2022). V súčasnosti je Malajzia jedným z hlavných hráčov v globálnom nábytkárskom priemysle, pričom 85% ročnej produkcie nábytku je exportovaných do viac ako 160 krajín (URL 6). Malajzia sa zameriava na zvýšenie kvality a štandardizácie produktov, prijímanie technológií Industry 4.0 a zvyšovanie miestnej odbornej zručnosti. Krajina tiež využíva rôzne daňové stimuly a podporuje zahraničné investície na rozšírenie výroby a prístup na trhy ASEAN (URL 6). Nábytkársky priemysel v Malajzii dlhodobo dosahuje významný rast (Ratnasingam a kol. 2012). Trh s nábytkom v roku 2024 očakáva príjmy vo výške 4,33 mld. USD s ročným rastom 4,01%, čo predstavuje z analyzovaných krajín najväčší objem (tab. 1). Najväčší objem predstavuje nábytok do obývaciej izby, a to vďaka tomu, že v krajine sa rozvíja bytová infraštruktúra veľkomiest a v ich priľahlých lokalitách (tab. 2).



Singapur ekonomicky významne ťaží zo svojho postavenia ako obchodného, finančného, komunikačného a logistického centra regionálneho a globálneho významu. Pôsobia tu viaceré regionálne zastúpenia nadnárodných spoločností (predpokladá sa, že je tu sídlo okolo 10 tisíc spoločností z EÚ). Vďaka vnútroštátnej stabilite, dôslednému plánovaniu rozvoja infraštruktúry, daňovým úľavám, kvalitným službám a výchove vysokokvalifikovaných pracovných síl, sa hospodárstvo Singapuru stalo vysoko konkurencieschopným a zaradilo sa medzi najotvorenejšie svetové trhy (URL 7). Podporuje rozvoj a inštaláciu zelených striech a vertikálnych záhrad - tzv. Greenery Replacement policy stanovuje, že zeleň „stratená“ na zemi zo zástavby sa nahradzuje rovnakým alebo vyšším počtom metrov štvorcových zelene „na oblohe“ cez výškové terasy a záhrady (URL 8). „Cooling Singapore 2.0 – Digital Urban Climate Twin“ (digitálne klimatické dvojča) sa snaží preskúmať mestské teplo a jeho zložitosť v Singapure. Projekt financovaný Národnou výskumnou nadáciou skúma naliehavú potrebu riešiť neustále rastúce teploty v Singapure (URL 9). Singapurské centrum pre cirkulárne materiály sa zameriava na podporu nulového odpadu a regeneratívnych princípov (Damarwala 2019). Singapurský nábytkársky priemysel sa zameriava na udržateľnosť a inovatívne riešenia pre vysokohustotné mestské prostredie. Singapur sa snaží stať regionálnym centrom pre najlepšie udržateľné praktiky v ASEAN (Poznámka The Association of Southeast Asian Nations = Združenie národov juhovýchodnej Ázie) a podporuje spoluprácu medzi priemyselnými hráčmi (URL 5 a 10). Trh s nábytkom je oproti Thajsku a Malajzii jedným z najmenších a predpoklad pre tento rok je ročný príjem 1,64 mld. USD s vyhlídkou miery rastu do roku 2029 na úrovni 2,66 % (tab. 1). V krajine prevažuje dopyt po moderných a minimalistických komoditách nábytku, čo odráža preferenciu krajiny pre jeho elegantný a funkčný dizajn, aby bol praktický a efektívne využitie priestor. Bohatá populácia má zvýšenú požiadavku na zvýšenú kvalitu a pohodlnosť (tab. 2).

### **Materiály používané pre masívny nábytok:**

V JV Ázii je nábytkársky priemysel veľmi rozmanitý, využívajúci širokú škálu materiálov od tradičných masívnych sortimentov rôznych drevín po moderné kompozity (Ratnasingam 2003, Wahab a kol. 2019, Deng a kol. 2023). Kľúčovými faktormi pri výbere materiálov sú odolnosť voči vlhkosti, trvanlivosť voči biologickým škodcom, tvrdosť a ekologický dopad. Často používané dreviny v JV Ázii pre masívny nábytok sú teak, mahagón, kokosové drevo, bambus a ratan. Prehľad ich základných vlastností uvádza tab. 3. Často používané dreviny sú ďalej akácia (*Acacia* spp.), mangovník (*Mangifera indica*), kaučukovník (*Hevea brasiliensis*), mango (*Mangifera indica*), meranti (*Shorea* spp.), palisander (*Dalbergia* spp.), eben (*Diospyros* spp.) a iné.

Teakové drevo je jedným z najcennejších materiálov používaných v nábytkárskom priemysle JV Ázie (obr. 1). Je známe svojou mimoriadnou odolnosťou voči poveternostným vplyvom, hmyzu a hnilobe. Vysoký obsah prírodných olejov v teaku poskytuje prirodzenú ochranu, čo z neho robí ideálny materiál pre exteriérový nábytok. Teakové drevo má tiež krásnu zlatohnedú farbu a jemnú textúru, ktorá sa s vekom ešte zlepšuje. Nábytok z teaku je kombináciou luxusu, funkčnosti a trvanlivosti. Vďaka svojim jedinečným vlastnostiam je teak nielen materiálom pre interiérové a exteriérové použitie, ale aj estetickým doplnkom, ktorý dodáva priestoru eleganciu a nadčasový štýl.



**Tabuľka 3. Základné charakteristiky vybraných drevín (spracované podľa Wagenführ 2007, The Wood Database (URL 11)).**

	<b>Teak</b>	<b>Mahagón</b>	<b>Kokosové drevo</b>	<b>Bambus</b>	<b>Ratan</b>
Latinský názov	<i>Tectona grandis</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Cocos nucifera</i>	<i>Bambusoideae spp.</i>	<i>Calamus spp.</i>
Fyzikálne vlastnosti					
Hustota [kg/m <sup>3</sup> ]	650 – 750	500 – 850	600 – 900	600 – 800	300 – 500
Farba	Zlatohnedá až tmavohnedá, postupom času tmavne	Svetločervená až tmavočervená, ktorá sa časom mení na hnedočervenú	Tmavohnedá až čierna (v závislosti od veku palmy a miesta dreva v strome)	Svetložltá až tmavohnedá	Svetlohnedá až žltkastá
Textúra	Jemná až stredná, rovné vlákna s olejnatým pocitom	Rovnomerná textúra, s mierne zvlneným vláknami	Nepravidelné a hrubá textúra	Jemná až stredná, textúra z viditeľných uzlov bambusu	Hladká, s jemným vláknitým vzhľadom
Mechanické vlastnosti					
Modul pružnosti [GPa]	10,8	10	12 – 14	9 – 13	3 – 4
Pevnosť v tlaku [MPa]	50 – 55	40 – 50	40 – 60	40 – 60	15-30
Pevnosť v ohybe [MPa]	95 – 115	90 – 100	80 – 110	100 – 130	40 – 60
Tvrdosť (podľa Janka) [N]	4 740	2 440 – 4 470	6 000 – 7 000	4 700 – 6 000	1 000 – 1 500
Trvanlivosť	Extrémne vysoká. Je vysoko odolný voči hnilobe, vlhkosti, termítom a iným biologickým škodcom. Obsahuje prírodné oleje, ktoré ho chránia pred poveternostnými vplyvmi a poškodením.	Stredná až vysoká trvanlivosť. Mahagón je prirodzene odolný voči vlhkosti a biologickým škodcom, no pre exteriérové aplikácie sa často ošetruje pre zvýšenie životnosti.	Menej odolné voči termítom, preto si vyžaduje ochrannú úpravu, ak sa používa v exteriéri	Môže byť náchylný na hnilobu a hmyz, ak nie je správne ošetrovaný. Pri exteriérovom použití je nevyhnutná ochrana voči vlhkosti a biologickým škodcom.	Ratan nie je prirodzene odolný voči hnilobe alebo hmyzu, preto si vyžaduje ochrannú úpravu, najmä pre exteriérové použitie. V interiéroch je však vysoko odolnosť pri každodennom používaní.
Stabilita	Veľmi dobrá rozmerová stabilita. Minimálna náchylnosť k praskaniu a deformáciám.	Vysoká rozmerová stabilita, minimálne zosychanie a deformácie.	Stabilné	Dobrá rozmerová stabilita	Veľmi stabilný materiál pre tkanie a ohybanie. Menej odolný voči mechanickému poškodeniu ako tvrdé dreviny.





**Obr. 1 Teakové koloniálne polokreslá s ratanovým výpletom a mosadznými doplnkami (Zdroj vlastný archív K. Mikulovej).**

Mahagónové drevo je ďalším populárnym materiálom v JV Ázii, známe svojou pevnosťou a estetickými vlastnosťami. Má bohatú, tmavočervenú farbu a jemnú textúru, ktorá dodáva nábytku luxusný vzhľad. Mahagón je odolný voči vlhkosti a hmyzu, čo z neho robí vhodný materiál pre interiérový aj exteriérový nábytok. Avšak, jeho odolnosť voči poveternostným vplyvom nie je taká vysoká ako u teaku, a preto vyžaduje pravidelnú údržbu a ochranné nátery.

Ratan je prírodný materiál získavaný z popínavých paliem, ktorý je veľmi obľúbený pre výrobu ľahkého a flexibilného nábytku. Jeho hlavnou výhodou je ľahkosť a jednoduchá manipulácia, čo umožňuje vytvárať rôzne dizajny a tvary. Ratanový nábytok je ideálny pre interiérové aj exteriérové použitie, avšak v exteriéri vyžaduje ochranu pred priamym slnečným žiarením a vlhkosťou, aby sa predišlo jeho poškodeniu a zníženiu trvanlivosti.

Bambus je rýchlo rastúci a obnoviteľný zdroj, ktorý je veľmi obľúbený pre svoju ekologickú udržateľnosť. Má vysokú pevnosť a pružnosť, čo z neho robí ideálny materiál pre výrobu nábytku. Bambusový nábytok je ľahký, ale zároveň veľmi odolný, a môže byť použitý v interiéri aj exteriéri. Bambus má prirodzenú odolnosť voči vlhkosti a hmyzu, avšak pre dlhodobé použitie v exteriéri je vhodné ho ošetriť ochrannými nátermi, aby sa zvýšila jeho trvanlivosť a odolnosť voči poveternostným vplyvom.

Kokosové drevo, získavané z kmeňov kokosových paliem, je udržateľnou alternatívou k tradičným tvrdým drevinám. Má vysokú hustotu a tvrdosť, čo z neho robí odolný materiál pre výrobu nábytku. Kokosové drevo má jedinečnú textúru a farbu, ktorá dodáva nábytku exotický vzhľad. Je odolné voči vlhkosti a hmyzu, avšak jeho odolnosť voči poveternostným vplyvom môže byť nižšia ako u teaku, a preto vyžaduje pravidelnú údržbu a ochranné nátery.

Akácia je veľmi obľúbená v modernom nábytkárstve pre svoju tvrdosť, odolnosť voči vlhkosti a prirodzený vzhľad. Nábytok z akácie je čoraz obľúbenejšou voľbou medzi milovníkmi dreva vďaka svojej estetickej hodnote, odolnosti a udržateľnosti. V interiéri sa akáciové drevo využíva na výrobu robustných a štýlových kusov nábytku (obr. 2), ako sú jedálenské súpravy, postele, komody a skrinky. Vďaka svojej pevnosti a kráse je obľúbená vo vidieckom, rustikálnom a aj modernom štýle interiérového dizajnu. Pre svoju odolnosť voči vlhkosti a poveternostným vplyvom je akáciové drevo populárne aj pre vonkajšie použitie. Je odolné voči dažďu, vetru a slnku, čo ho robí ideálnym pre záhradné lavice, ležadlá a stolíky.



**Obr. 2** Nízky čínsky kabinet z akácie (Zdroj vlastný archív K. Mikulovej).

Mangovníkové drevo je vedľajším produktom ovocného priemyslu. Používa sa na nábytok vďaka jeho dostupnosti a ekologickému aspektu. Vhodné je na výrobu interiérového nábytku, ako sú stoly, skrine a police, a umeleckých kusov nábytku.

Drevo z kaučukovníka (guma) je vedľajším produktom z plantáží, kde sa pestujú stromy pre latex. Je to ekologický materiál, často používaný na výrobu nábytku, podláh a drevených doplnkov.

Meranti sa používa na interiérový nábytok, dvere, okná a podlahy. Je populárna pre svoje estetické vlastnosti a ľahkú opracovateľnosť.

Palisander je drevina, ktorá sa používa na výrobu vysoko kvalitného nábytku, hudobných nástrojov a dekoratívnych prvkov. Má výrazné tmavé odtiene a krásnu štruktúru (obr. 3).

Ebenové drevo je extrémne tvrdé a ťažké, používa sa na výrobu luxusného nábytku, dekorácií a hudobných nástrojov. Je cenené pre svoju tmavú farbu a jemnú textúru. Vzhľadom na svoju vzácnosť je často používaný ako ozdobný materiál na inkrustácie, intarzie (obr. 4). Tieto detaily môžu obsahovať zložité vzory alebo jemné lemy, ktoré podčiarkujú estetickú hodnotu nábytku.



**Obr. 3** Palisandrový set vykladaný perleťou (Zdroj vlastný archív K. Mikulovej).



Obr. 4 Ebenová lavica vykladaná perleťou a mramorovými panelmi (Zdroj vlastný archív K. Mikulovej).

#### Povrchová úprava masívneho nábytku:

Povrchové úpravy nábytku v krajinách JV Ázie často odrážajú tradičné remeselné techniky a kultúrne preferencie, ako aj moderné trendy. Tieto úpravy sú ovplyvnené miestnymi druhmi dreva, klimatickými podmienkami a vkusom zákazníkov. Typickými a tradičnými povrchovými úpravami nábytku sú lakované úpravy, olejové a voskové úpravy, nanášanie šelaku (tab. 4), epoxidové a živicové úpravy a farebná úprava moridlami (Bulian – Graystone 2009, Heginbotham – Schilling 2011, Snyder 1989, Lu a kol. 2013).

Tabuľka 4. Tradičné materiály na povrchovú úpravu nábytku

Materiál	Charakteristika
Tradičný lak napr. Japonský lak - uruši	Tento spôsob povrchovej úpravy sa používa v krajinách ako Japonsko a Kórea, ale je obľúbený aj v niektorých častiach JV Ázie, ako Vietnam, Thajsko a Myamar (Barma). Tento typ lakovania vytvára tvrdý a odolný povrch s vysokým leskom, ktorý chráni drevo pred vlhkosťou prostredia a poškodením.
Prírodné oleje (napr. teakový, tungový olej) a vosky	Prírodné oleje a vosky sa často používajú na ošetrovanie miestnych drevín, ako je teak, ktorý je známy svojou odolnosťou voči poveternostným vplyvom. Oleje dodávajú nábytku hĺbku farby a ochranu pred vlhkosťou. Vosk sa často používa spolu s olejovými úpravami na dodanie jemného lesku a pocitu hladkosti.
Šelak	Táto prírodná živica, ktorá sa často používa v JV Ázii na povrchovú úpravu luxusného nábytku. Aplikuje sa viacnásobnými vrstvami a je leštený na vysoký lesk, čím vytvára elegantný povrch.

Tradičné laky využívajú prírodné živice stromov. K známym a tradičným lakom patrí japonský lak – uruši. Na jeho prípravu sa používa živica získavaná zo stromu sumachovec fermežový (lat. *Toxicodendron vernicifluum*, česky škumpovník lakodárny), ktorý je charakteristický najmä v oblastiach Číny, Japonska a Kórey. Hlavnou zložkou tejto živice je organická zlúčenina zvaná urušiol, ktorá je zodpovedná za jej špecifické vlastnosti a polymerizáciu laku. V oblastiach JV Ázie však rastie aj viacero príbuzných druhov stromov, ktoré produkujú živice s podobnými vlastnosťami, avšak obsahujú odlišné aromatické zlúčeniny, ktoré ovplyvňujú polymerizačné procesy. Medzi takéto stromy patria napríklad v Japonsku *Toxicodendron succedaneum*, v Thajsku a v Mjanmarsku *Thitsi* (*Gluta usitata*) alebo



*Gluta laccifera* rastúca v Kambodži. Tieto druhy produkujú živice, ktorých hlavnými polymerizačnými zložkami sú zlúčeniny ako lakol alebo ticiol, zatiaľ čo obsah urušiolu je zanedbateľný. Polymerizácia urušiovej živice je unikátna v tom, že jej tuhnutie nespočíva v klasickom zasychaní na vzduchu, ako je to bežné pri iných lakoch založených na oxidácii dvojitých väzieb, ale prebieha prostredníctvom reakcie so vzdušnou vlhkosťou. Tento proces vedie k vytvoreniu odolného a ochranného filmu s vysokou pevnosťou a stabilitou. Je dôležité poznamenať, že surová živica je toxická a môže pri kontakte s pokožkou spôsobovať alergické reakcie, ako sú začervenanie alebo kožné vyrážky. Preto je nevyhnutná manipulácia s ňou v ochranných rukaviciach a za dodržania prísnych bezpečnostných opatrení. Napriek tejto toxicite je však po úplnom vytvrdnutí laku produkt úplne netoxický a bezpečný na dotyk aj pre skladovanie potravín. Urušiový lak vyniká svojimi špičkovými vlastnosťami, vrátane výnimočnej tvrdosti, lesku a odolnosti voči vode, alkoholu a rôznym rozpúšťadlám. Vďaka týmto charakteristikám je veľmi vyhľadávaný v tradičných aj moderných aplikáciách, najmä pri výrobe umeleckých predmetov, nábytku a ochranných povrchov (obr. 5). Jeho používanie má dlhú tradíciu v Ázii, kde sa využíva nielen pre estetickú hodnotu, ale aj pre jeho praktické výhody. Vyprodukovaný náter vekom nepraská a používaním vytvára esteticky príjemnú patinu (Kumanotani 1995, Čumlivská 2016).



**Obr. 5** Vstupné drevené panely lakované uruši (Zdroj vlastný archív K. Mikulovej).

Moderné laky (na báze polyuretánu, akrylu) sa používajú na vytvorenie lesklého alebo matného povrchu. Laky chránia drevo a zvýrazňujú jeho prirodzenú štruktúru.

Moridlá sú používané na zvýraznenie povrchovej textúry dreva a jeho prírodných farieb. Tradične sa používajú tmavšie odtiene, ktoré korešpondujú s obľúbenými tmavými, exotickými drevinami, ako je palisander, mahagón, či teak. V niektorých oblastiach JV Ázie ako je tomu napríklad v Thajsku či Indonézii sa tradične používa farbenie dreva náterovými látkami s prírodnými pigmentmi, ktoré vytvárajú farebné a esteticky zaujímavé vzory - najčastejšie sa stretávame s odtieňmi červených, zelených a žltých pigmentov (obr. 6). Farebné úpravy sú často spojené s





kultúrnymi a náboženskými tradíciami, región JV Ázie je známy variabilitou náboženstiev a kombinovaným náboženských motívov a tradičného folklóru u zdobených technik nábytku.



**Obr. 6** Tzv. Red and gold nábytok - svadobný nízky kabinet s pigmentovanou povrchovou úpravou - zelený a červený pigment (Zdroj vlastný archív K. Mikulovej).

Mnoho tradičných remeselníkov v JV Ázii používa intarziu (vkladanie kusov iných materiálov ako perleť, kovy, kosti) (obr. 1, 3, 4 a 7) a aj ručné rytie a drevorezbu (obr. 8) na zdobenie povrchov nábytku. Toto zvyšuje estetickú hodnotu a dodáva nábytku jedinečný vzhľad. Často aplikované je leštenie nábytku do vysokého lesku. Môže sa aplikovať na luxusný nábytok, najmä z tvrdých drevín. Ide o leštenie do vysoko lesklého povrchu bez pridania chemických látok. Tento proces zahŕňa brúsenie a leštenie dreva, čo odhaľuje jeho prírodnú krásu a lesk. V posledných rokoch sú populárne moderné živicové povrchové úpravy, ktoré vytvárajú tvrdé a odolné povrchy, často so zaujímavými vizuálnymi efektmi (priehľadné alebo farebné vrstvy, ktoré zachytávajú textúru dreva).



**Obr. 7** Stôl vykladaný perleťou so šelakovou povrchovou úpravou (Zdroj vlastný archív K. Mikulovej).



**Obr. 8 Prístenný rezbovaný kabinet s olejovou povrchovou úpravou (Zdroj vlastný archív K. Mikulovej).**

Z pohľadu ochrany dreva je potrebné dbať na to, že povrchové úpravy majú byť odolné voči vlhkosti, nadmernému vystaveniu slnečnému žiareniu a hmyzu. V týchto tropických oblastiach, kde je vysoká vlhkosť vzduchu a častý výskyt termitov, sú veľmi dôležité ochranné úpravy dreva proti vlhkosti a hmyzu. Na tento účel sa používajú impregnačné látky biocídneho charakteru, najmä pri exteriérovom nábytku pokiaľ prirodzená trvanlivosť dreva je nedostatočná.

## ZÁVER

Krajiny JV Ázie – Thajsko, Malajzia a Singapur ukazujú rôzne prístupy k využívaniu udržateľných materiálov a ich integrácii do stavebných, nábytkových a dizajnových praktík. Každá z nich prispieva k globálnemu úsiliu o ekologickú udržateľnosť a ochranu životného prostredia. Thajsko sa zameriava na rast domáceho trhu a export, pričom kladie dôraz na moderné dizajny a funkčnosť. Malajzia je silným exportérom s dôrazom na kvalitu, štandardizáciu a prijímanie nových technológií aj pri výrobe nábytku. Singapur sa profiluje ako líder v udržateľnosti a inováciách, s cieľom stať sa regionálnym centrom pre udržateľné praktiky. Každá z týchto krajín má svoje jedinečné prístupy a silné stránky, ktoré prispievajú k ich úspechu v nábytkárskom priemysle.

Pri výrobe masívneho dreveného nábytku sa najčastejšie používajú materiály ako teak, mahagón, kokosové drevo, bambus a ratan. Tieto materiály majú svoje jedinečné vlastnosti, ktoré ovplyvňujú kvalitu a trvanlivosť nábytku. Výber správneho materiálu závisí od konkrétnych požiadaviek na použitie nábytku. Bambus, so svojou ekologickou udržateľnosťou a vysokou pevnosťou, predstavuje vynikajúcu voľbu pre tých, ktorí hľadajú udržateľné a odolné riešenia pre svoj nábytok. Na zachovanie ich farby a textúry sa používa mix tradičných a moderných materiálov a techník povrchovej úpravy dreva vhodných pre nábytok v danej oblasti, čo umožňuje zachovať remeselnú zručnosť a tradície, a súčasne vyhovieť požiadavkám moderného trhu. Veľký dôraz sa kladie na ochranu dreva pred nepriaznivými vplyvmi tropického prostredia daných krajín ako aj na požiadavky spotrebiteľov.



## LITERATÚRA:

- BULIAN, F., GRAYSTONE, J. (2009). Wood coatings: Theory and practice. Elsevier.
- DAMARWALA S. 2019. Sustainably Designed Green Buildings in Singapore. Dostupné online: <https://interiordesign.net/projects/8-sustainably-designed-and-architecturally-significant-buildings-in-singapore/>
- DENG, W., LIN, H., JIANG, M. (2023). Research on Bamboo Furniture Design Based on D4S (Design for Sustainability). Sustainability, 15(11), 8832.
- HEGINBOTHAM, A., SCHILLING, M. (2011). New evidence for the use of Southeast Asian raw materials in seventeenth-century Japanese export lacquer. East Asian Lacquer: Material Culture, Science and Conservation. London: Archetype, 92-106.
- ISMAIL, Z.H., KIAN, L.Y., BAHURUDIN, F.I. AND DAUD, N., (2022). Sustainable Materials in Malaysia: A Systematic Review on Academic Research and Application in Product Design Industry. In DESIGN-DECODED 2021: Proceedings of the 2nd International Conference on Design Industries & Creative Culture, DESIGN DECODED 2021, 24-25 August 2021, Kedah, Malaysia (p. 300). European Alliance for Innovation.
- KUMANOTANI, J. (1995). Urushi (oriental lacquer)—a natural aesthetic durable and future-promising coating. Progress in Organic Coatings, 26(2-4), 163-195.
- LU, R., YOSHIDA, T., MIYAKOSHI, T. (2013). Oriental lacquer: A natural polymer. Polymer Reviews, 53(2), 153.
- RATNASINGAM, J. (2003). A matter of design in the South East Asian wooden furniture industry. Holz als Roh- und Werkstoff, 61, 151-154.
- RATNASINGAM, J., IORAS, F., ABRUDAN, I. V. (2012). An evaluation of occupational accidents in the wooden furniture industry—A regional study in South East Asia. Safety science, 50(5), 1190-1195.
- SNYDER, D. M. (1989). An overview of oriental lacquer: art and chemistry of the original high-tech coating. Journal of chemical education, 66(12), 977.
- ČUMLIVSKÁ, A. 2016. Manuál japonského laku. Praha: UMPRUM, 308 s.
- URL 1. Thailand's green material Industry and the green building trend. Dostupné online: <https://www.thailand-business-news.com/environment/55343-thailands-green-material-industry-green-building-trend>
- URL 2. Design in Thailand: the designers turning nature into innovative materials. Dostupné online: <https://designwanted.com/bio-circular-design-thailand/>
- URL 3. Statista Dostupné online: <https://www.statista.com/>
- URL 4. <https://www.mzv.sk/documents/10182/13375/Malajzia.pdf/2ddffd26-0aa1-4dab-851e-04651bfae59a>
- URL 5. Malaysia's Rise as a Pioneer in Sustainable Construction Materials. Dostupné online: <https://www.cidb.gov.my/eng/malaysias-rise-as-a-pioneer-in-sustainable-construction-materials/>
- URL 6. Securing the Future of Malaysia's Furniture Industry. Dostupné online <https://www.mida.gov.my/securing-the-future-of-malaysias-furniture-industry/>
- URL 7. Ekonomická informácia o teritóriu - Singapurská republika. Dostupné online: <https://www.mzv.sk/documents/10182/620840/Singapur+-+ekonomick%C3%A9+inform%C3%A1cie+o+terit%C3%B3riu+2018/071113ef-b30c-400d-82a5-daca666d1889?version=1.3&previewFileIndex=>
- URL 8. URA Singapore Dostupné online: <https://www.ura.gov.sg/Corporate/Guidelines/Circulars/dc09-09>
- URL 9. Tumcreate Dostupné online: [https://www.thegpsc.org/sites/gpsc/files/cooling\\_singapore\\_-\\_digital\\_urban\\_climate\\_twin.pdf](https://www.thegpsc.org/sites/gpsc/files/cooling_singapore_-_digital_urban_climate_twin.pdf)
- URL 10. Singapore Furniture Industries Council - Singapore Furniture Sector Deep Dives into Sustainability, Commits to Stronger Industry Action for Leadership, Advocacy. Dostupné online: <https://www.singaporefurniture.com/wp-content/uploads/2022/02/SFIC-2022-1-Media-Release.pdf>
- URL 11. The Wood Database Dostupné online: <https://www.wood-database.com/>
- WAGENFÜHR R. (2007). Holzatlas. Leipzig: Fachbuchverlag. 816 s. ISBN 3-446-4069-2.
- WAHAB, R., MOKHTAR, N., MOHD GHANI, R. S., SULAIMAN, M. S. (2019). An overview of rattan industry status and its economic aspect in setting up rattan-based industry in mMalaysia. e-Bangi Journal, 16(3).

## Pod'akovanie:

Táto práca bola projektom VEGA 1/0656/23.

## Adresa autorov:

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta,  
Katedra drevárskych technológií,  
T.G. Masaryka 24, 960 53, Zvolen  
e-mail: zuzana.vidholdova@tuzvo.sk

Klaudia Mikulová, M.Sc.  
Cultural Material Conservation Institute  
01 Admiralty Street  
757695 Singapore  
e-mail: [klaudia@cmcons.gov.sg](mailto:klaudia@cmcons.gov.sg)



## DRYING OF SAWN TIMBER PRODUCTS AS A STAGE IN THE MANUFACTURE OF HIGH-QUALITY WOOD PRODUCTS

Andrii Spirochkin – Olena Pinchevska – Yuriy Lakyda – Denys Zavyalov

### Abstract:

For drying lumber used for furniture production, convection chambers equipped with automatic systems with preset modes designed for wood species that grow in the countries that produce the dryers are most widely used. Adjusting such modes for use in drying domestic species requires long-term experiments and not always with a positive result. The analysis of the experimentally obtained values of the basic density and moisture conductivity coefficient of the main industrial rocks of Ukraine showed their significant dispersion due to the wide range of growing regions that differ in climatic parameters. The obtained results will be used to develop optimal modes of drying sawdust products by adequately modeling convection drying and predicting the quality of the process

**Keywords:** sawn timber, convection drying, moisture conductivity

### INTRODUCTION

The quality of solid wood products, such as furniture, joinery, engineering products, etc., depends to a large extent on the quality of the drying process, which is the most time-consuming and energy-intensive wood processing process. Today, convection chambers are mainly used for its implementation, where the drying agent, i.e. air, is heated by its contact with heaters filled with hot water. The use of hot water as a heat carrier does not allow the temperature to rise above 70–80 °C. This is because wood is increasingly being used as a construction material. Its use as a structural material requires compliance with certain requirements for mechanical properties, the main of which is strength.

Such “low-temperature” dryers are used in many woodworking companies. All of them have virtually the same design and differ slightly in the automation system and drying schedules used. The latter are designed to take into account the characteristics of wood species growing in the countries where the chambers are manufactured, so quite often the operating parameters need to be adjusted to achieve a high-quality result.

Meanwhile, it is known that even within the same country, both the physical and mechanical properties of wood depend on the region of growth. The main regions where pine grows in Ukraine are Chernihiv, Volyn and Zhytomyr regions, which are regions with different soils and humidity. In a more humid region, wood raw materials will be less dense and, accordingly, will have worse mechanical properties. However, the process of drying sawn timber products will be easier.

For the understanding and proper development of wood drying technology, the study of the entire complex of numerous elementary phenomena of heat and moisture transfer is of paramount importance. The theoretical study of these phenomena led to the creation of a mathematical model of interconnected heat and mass transfer, which allowed us to describe the processes of non-isothermal drying, sorption and two-phase filtration from a single point of view. The developed theoretical studies of various approaches to solving the problems of



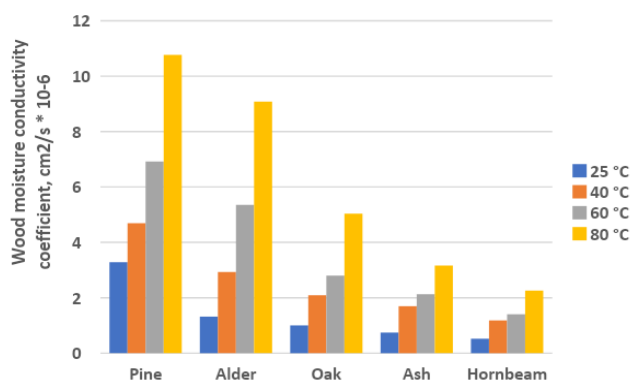


transfer in such a difficult to dry material as wood emphasizes the need for individual consideration of phenomena that limit the drying mechanism and material quality.

In this case, the key role is played by the moisture conductivity coefficient, which is used to calculate the drying time using any process model. Its value depends on many factors, such as the anatomical structure of wood, the anisotropy of its properties, density and processing temperature. Therefore, it is important to determine the values of the moisture conductivity coefficients of different wood species. The aim of the study was to determine the moisture conductivity coefficients of pine, alder, oak, ash, and hornbeam as key parameters in process modelling and the development of rational drying schedules.

The procedure for determining the coefficient of moisture conductivity includes auxiliary experiments to determine the limit of hygroscopicity of wood and main experiments (Pinchevska, O., Spirochkin, A., Sedliačik, J., Oliynyk, R.; 2016). To determine the moisture conductivity coefficients, radial and tangential sawn boards were selected from pine, common oak, ash, hornbeam and alder. Test specimens of 3x30x50 mm and 5x50x70 mm were cut from these boards to determine the moisture conductivity coefficients. The number of specimens for each wood species is determined by the previously established coefficient of variation  $V_{\alpha} = 7.7\%$  (Pinchevska, O., Spirochkin, A., Sedliačik, J., Oliynyk, R.; 2016) and 95% probability, which is common in the woodworking industry, was 16 pieces for each wood species, respectively.

The results of determining the moisture conductivity coefficients of the studied wood species are shown on Figure 1.



**Fig.1 Dependence of moisture conductivity coefficients across wood fibers on temperature determined experimentally.**

## CONCLUSION

In all the studied wood species, an increase in the values of moisture conductivity coefficients with temperature is observed, which is associated with a decrease in moisture viscosity. The correlation between the moisture flow rates in the radial and tangential directions of different species was established, which ranges from 1.1 to 1.6. This is due to the significant influence of core rays, where the anatomical elements of wood have a longitudinal arrangement. In addition, the width of the core rays, which varies from 0.005 mm to 1 mm, and their percentage in the total volume of the trunk, inhibit or accelerate the process of removing moisture from the wood. Despite the fact that oak has the widest core rays and the percentage of their content in the trunk is 36 % of all the studied species, the value of its moisture conductivity coefficient is almost two times less than that of pine.

For further development of rational drying regimes and determination of the process time, it will be necessary to take into account the dissipation of moisture conductivity





coefficients. Since the drying of sawn timber is a stochastic process, taking into account the dissipation of the moisture conductivity coefficient, which causes moisture movement within the material, will allow predicting the quality of drying of different types of wood when applying different schedules. This will influence the quality of furniture and structural products made of solid wood.

Despite the high demand for furniture made from wood-based panels, furniture made from solid wood of various species is also in demand. The quality of such products is significantly affected by the drying process of sawn timber. It is important that the drying process is carried out according to optimal conditions, the development of which depends on the properties of industrial wood species, among which the priority is given to moisture conductivity and the associated values of the basic density.

## **REFERENCES:**

PINCHEVSKA, O., SPIROCHKIN, A., SEDLIAČIK, J., OLIYNYK, R. (2016) Quality assessment of lumber after low temperature drying from the view of stochastic process characteristics, *Wood Research*, 61 (6): 871-883.

### **Adresa autorov:**

Assoc. Prof. Andrii Spirochkin, PhD.  
National univerzity of life science and environmental of  
Ukraine,  
Department of Technology and Design of Wood  
Products,  
Silskogospodarsky prov., 4, Educational building №17,  
03041, Kyiv-41, Ukraine  
e-mail: spirochkin@nubip.edu.ua

Prof. Olena Pinchevska, PhD.,  
Yuriy Lakyda, Denys Zavyalov  
National univerzity of life science and  
environmental of Ukraine,  
Department of Technology and Design of Wood  
Products,  
vul. Heroiv Oborony 15  
03041, Kyiv-41, Ukraine  
tel.: +38 097 38406 40  
e-mail: opinchewska@gmail.com



## PROBLEMATIKA NAVRHOVANIA INOVATÍVNYCH NÁBYTKOVÝCH SPOJOVACÍCH PROSTRIEDKOV

Šimon Beliansky – Nadežda Langová

### Abstrakt:

Kvalita a množstvo nábytkových spojovacích prostriedkov, umožňujúcich montáž a demontáž nábytku samotným používateľom, ovplyvňuje tvorbu a vývoj nábytkových konštrukcií. Na spojovacie prostriedky sú kladené vysoké požiadavky nielen z hľadiska ich mechanických vlastností ale aj estetiky, ľahkej montáže, viacnásobného použitia, neviditeľnosti a pod. Hlavným cieľom príspevku je návrh metodiky pre vytvorenie a otestovanie prototypu spojovacieho prostriedku vyrobeného pomocou 3D tlačne. Pri návrhu sú zohľadnené možnosti opracovania drevných konštrukčných prvkov, osadenie navrhovanej spojky ako aj možné stupne voľnosti spojených prvkov. Mechanické vlastnosti boli testované na rohovom spoji pri namáhaní v ťahu a tlaku, kde pri tlaku boli dosiahnuté nižšie hodnoty. Spoj bol vyrobený z MDF a preglejky hr. 18 mm. Výsledky ukazujú že mechanické vlastnosti navrhovanej spojky sú porovnateľné s konfirmátom Ø 5x40 mm osadenom v DTD a v masívnom smreku.

**Kľúčové slová:** nábytkový spoj, spájanie, návrh spoja, vlastnosti spoja, 3D tlač

### Abstract:

The quality and quantity of furniture connectors, enabling the assembly and disassembly of furniture by the user, affects the creation and development of furniture constructions. Connectors are subject to high demands not only in terms of their mechanical properties, but also aesthetics, easy assembly, multiple use, invisibility, etc. The main aim of the paper is the proposal of a methodology for the creation and testing of a prototype of a furniture connector produced using 3D printing. The design considers the possibilities of woodworking processes of structural elements, the fitting of the proposed connector as well as the possible degrees of freedom of the connected elements. The mechanical properties were tested on the corner joint under tensile and compressive load, where lower values were achieved in compression. The joints were made of MDF and plywood thickness of 18 mm. The results show that the mechanical properties of the new designed connector are comparable to the confirmat Ø 5x40 mm fitted in particle board and in solid spruce thickness of 18 mm.

**Keywords:** furniture joint, joining components, joint design, joint properties, 3D printing

## ÚVOD

Základným predpokladom kvalitnej a bezpečnej nábytkovej konštrukcie je výber správneho typu spoja alebo spojovacieho prostriedku. Spájanie konštrukčných prvkov do funkčného systému pomocou inovatívnych spojovacích prostriedkov zahŕňa široké spektrum vedomostí a skúseností, ktoré sú súčasťou rôznorodých technických profesií (fyzika – súvisí s povrchom materiálov, mechanika s pevnosťou, geometria s montážou a pod.). Používateľ nábytku očakáva od spoja nie len estetickú hodnotu, ale najmä funkčnosť a spoľahlivosť, zatiaľ čo výrobca očakáva nízke výrobné náklady, všestrannosť aplikácie, požadovanú pevnosť, odolnosť voči statickému aj cyklickému namáhaniu a jednoduchú inštaláciu (Branowski a kol., 2020). Pri spájaní nábytkových konštrukčných prvkov využívame dva základné princípy spájania mechanický a chemický. Nábytkové *mechanické spoje* sú navrhnuté tak, aby



umožňovali jednoduchú montáž a demontáž prvkov. Účinnosť mechanických spojov je častokrát závislá na trecej sile, ktorá vzniká v kontaktných plochách medzi spojovacím a konštrukčným prvkom, alebo medzi samotnými časťami spojovacieho prvku. Mechanické spoje taktiež využívajú tlakové napätia v spoji. Toto napätie zabezpečuje kontakt všetkých komponentov spoja. O spojoch, ktoré využívajú demontovateľné mechanické spájacie prostriedky môžeme povedať že umožňujú:

- demontáž konštrukcie bez poškodenia jej prvkov;
- vytvárať spoj bez zníženia jeho mechanických vlastností aj po opakovanej demontáži a montáži spoja;
- zjednodušiť opravu, modernizáciu alebo nastavenie presnosti konštrukčných prvkov, umožňujú taktiež zjednodušenú recykláciu konštrukcie;
- zámerný pohyb prvkov s definovanými stupňami voľnosti;
- spájanie rôznorodých materiálov, keďže nedochádza k zmenám v mikroštruktúre materiálov (Langová, Lizoňová, 2022).

Mechanické spojenia majú taktiež aj svoje potencionálne nevýhody. To, že sú mechanické spoje demontovateľné, môže byť do určitej miery aj ich nevýhodou, najmä ak sú pre daný materiál, konštrukciu a spôsob jej namáhania použité nevhodné spájacie prostriedky alebo nesprávna technológia spájania a pod. Nie je zriedkavé uvoľnenie skrutiek v dôsledku cyklického zaťaženia nábytku, alebo nadmerne vyvinutého krútiaceho momentu pri montáži, ktorý vedie k poškodeniu spojenia.

Množstvo nábytkových spojovacích prostriedkov na trhu ovplyvňuje spôsoby tvorby a výroby nábytku. Spojovacie prostriedky sa okrem požadovaných pevnostných vlastností majú vyznačovať vlastnosťami ako sú napr. ľahká montáž a demontáž, minimálny počet komponentov, estetika a požiadavka byť navonok neviditeľný. Tieto požiadavky zohľadňujú aj nadnárodní výrobcovia nábytku, ako napr. spoločnosť Ikea. Spojenie komponentov šatníkovej skrine založené na zarážacích spojkách znižuje čas montáže o 40 minút, znižuje počet montážnych komponentov zo 105 na 23 a na montáž je potrebná už len jedna osoba (Pax, s.a.). Metodika formulovania predpokladov pre návrh nového spojovacieho prostriedku je formulovaná v práci (Podskarbi a kol., 2017)

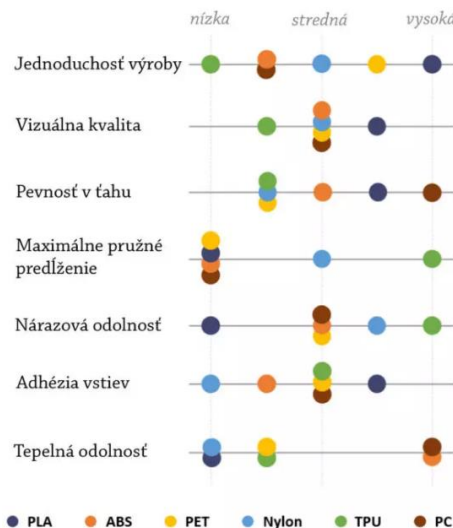
V minulosti bolo vytvorenie nového spoja alebo spojovacieho prostriedku realizované na základe dlhoročných skúseností, niekedy metódou pokus omyl, ale takmer vždy vychádzal z tradícií remeselnej výroby (Eckelman a Sudarth, 1969). V súčasnosti je zadefinovaných niekoľko metodických postupov návrhu spojovacieho prostriedku, ktoré vedú k návrhu kvalitných a inovatívnych nábytkových spojov. Hlavné aspekty pri návrhu nového spojovacieho prostriedku zahŕňajú otázky geometrie spojovacieho prvku a dostupné metódy na jeho mechanické testovanie. Vytvorenie nového typu nábytkového spojovacieho prvku zahŕňa niekoľko krokov, od návrhu konceptu až po návrh prototypu a jeho testovanie, ktoré sú nasledovné:

- *definovanie požiadaviek*, hlavné požiadavky na spojovací prostriedok, ako napríklad pevnosť, odolnosť voči korózii, teplotná odolnosť, elektrická vodivosť a podobne,
- *výber vhodných materiálov* a spôsob výroby na základe požiadaviek na spoj so zohľadnením vlastností materiálov, ako sú mechanické vlastnosti, chemická odolnosť a náklady,
- *návrh geometrie*, t.j. tvar a rozmery spojovacieho prostriedku so zohľadnením výrobných možností a montážnych postupov, stupňov voľnosti konštrukčných prvkov,
- *simulácie a analýzy* na overenie očakávaných požiadaviek návrhu, môže ísť o mechanické simulácie, teplotné analýzy alebo elektrické simulácie,



- *prototypovanie* zahŕňa výrobu prototypov a ich testovanie v reálnych podmienkach, získané údaje sa použijú na optimalizáciu návrhu,
- *testovanie a certifikácia* vykonanie mechanických testov a prípadné získanie certifikácie, ktoré potvrdia, že spojovací prostriedok spĺňa všetky normy a predpisy,
- *vytvorenie dokumentácie*, ktorá bude obsahovať všetky technické údaje, postupy výroby a montáže, ako aj výsledky testov.

Jednou z technológií, ktorými možno vyrobiť spojovacie prostriedky je aj jedna z rôznych technológií 3D tlače, ktoré sa líšia v závislosti od použitého materiálu a postupu tlače. Výber tejto technológie závisí aj od presnosti výrobku ktorý tlačíme. Pre potreby návrhu prototypu spojovacieho prostriedku ale aj jeho konečnej funkčnej podoby je vhodné použiť technológiu FDM (Fused Deposition Modeling), ktorá je jedna z najpoužívanejších foriem 3D tlače, je tiež vhodná na výrobu malých sérií výroby. Ide o proces vytvárania trojrozmerných objektov tým, že sa na seba navrstvuje termoplastický materiál vo forme roztaveného drôtu alebo filamentu. 3D model vytvorený v grafickom programe sa preloží do formátu, ktorý tlačiareň môže interpretovať. Najčastejšie používané materiály pre technológiu tlače FDM a niektoré ich vlastnosti sú na obr. 1.



Obr. 1 Porovnanie vlastností najčastejšie používaných materiálov pre FDM tlač (Stepanek3D, s.a.)

Štúdia (Hajdarevic a kol., 2022) sa zaoberá vývojom a testovaním spojovacích prostriedkov v tvare L, vyrobených z akrylonitril-butadién-styrénu (ABS), pričom spoje boli testované na konštrukcii stoličky. Experimentálne výsledky ukázali, že spoje s 3D tlačnými spojkami dosiahli nižšiu pevnosť ako tradičné drevené spoje na čap a dlab. Dôvod zníženej pevnosti bolo nevhodné osadenie a poloha spoja a taktiež jeho nevhodný geometrický tvar. V práci (Demirel a kol., 2024) sa testovali kolíkové rohové spoje, pričom kolíky boli vyrobené použitím kyseliny polymliečnej (PLA), termoplastického polyuretánu PLA+ (TPU) a živice (akrylový fotopolymér), ktoré mali na svojom povrchu tri rôzne tvarové úpravy. Pevnosti týchto spojov sa porovnávali so štandardnými drevenými a plastovými nábytkovými kolíkmi. Výsledky ukázali, že najvyššiu šmykovú pevnosť dosahovali spoje vyrobené z PLA a bežných drevených kolíkov, následne nábytkové spoje typu L s kolíkmi vyrobenými z PLA+TPU, živice a plastu.

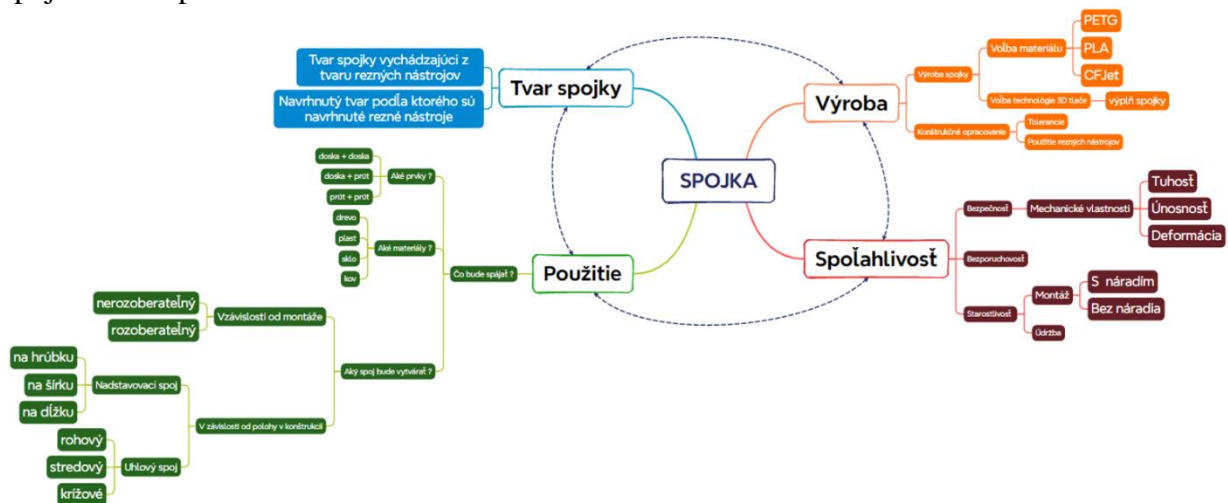


## METODIKA

Počiatkom návrhu je myšlienka. Ešte pred tým ako dochádza k tvorbe prvotného návrhu si musíme odpovedať na viacero otázok, ktoré sa viažu s našim problémom, a tým je samotný spoj. Spoj je ovplyvnený početným radom faktorov, ktoré aj pri zmene jedného môže spôsobiť reťazovú reakciu ďalších zmien či už hovoríme o zmene materiálu výrobu/spojky, zmene polohy spojovacieho prostriedku, alebo zmena rozmerov spojovacieho prostriedku čo má za následok zmenu, ako v technológií výroby, tak aj v ekonomike.

### Myšlienka a prvé kroky návrhu

Na obr. 2 je znázornená myšlienková mapa možných faktorov, ktoré ovplyvňujú návrh spojovacieho prostriedku.



Obr. 2 Myšlienková mapa vývoja spojovacieho prostriedku (Beliansky, 2024)

### Vývoj základného tvaru spojky

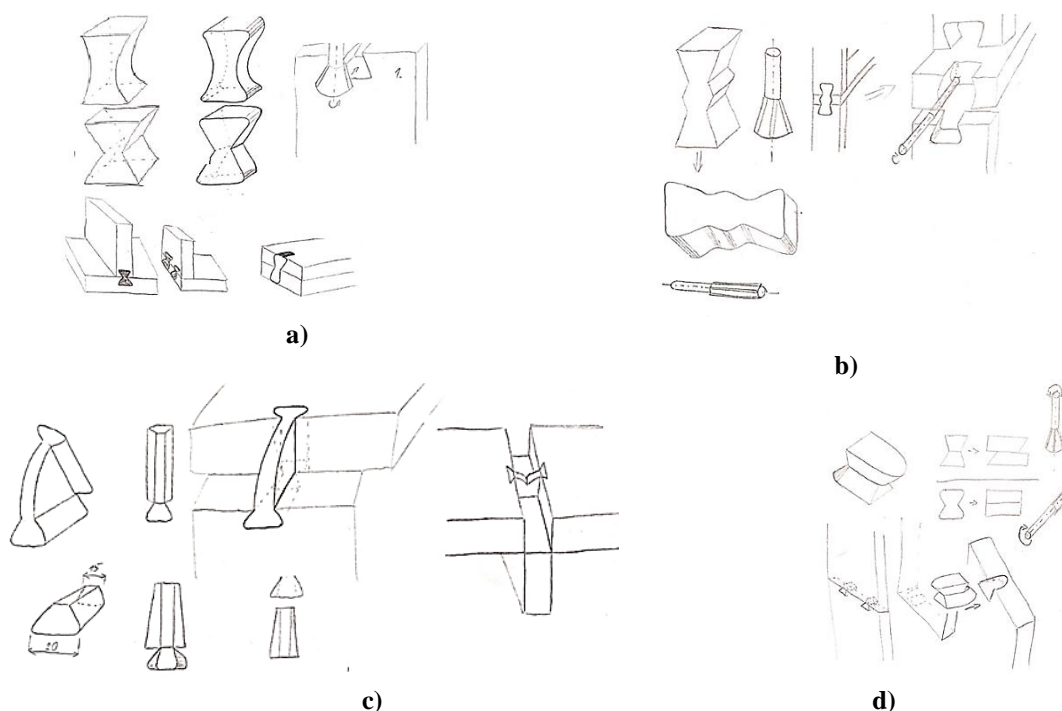
Prvotné návrhy vychádzajú z tvaru rybiny z čias starovekého Egypta, kde práve tento typ spoja bol najrozšírenejší (obr. 3). Vytvára jeden stupeň voľnosti čo zabezpečuje vysokú pevnosť a patrí medzi viditeľné spoje a preto našli uplatnenie aj v súčasnosti.



Obr.3 Spojenie kamenných dosiek vytvorené rybinovým spojom (Keystone, s.a.)

Na obr. 4 sú znázornené prvotné návrhy spojovacích prostriedkov, pričom sú zobrazené aj rezné nástroje, ktorými dochádza ku konštrukčnému opracovaniu prvkov konštrukcie.





Obr. 4 Návrhy spojovacích prostriedkov, ich umiestnenie v spájaných prvkoch a čiastočné zobrazenie konštrukčného opracovania (Beliansky, 2022)

a) alternatíva spojky I., b) alternatíva spojky II., c) alternatíva spojky III., d) alternatíva spojky IV.

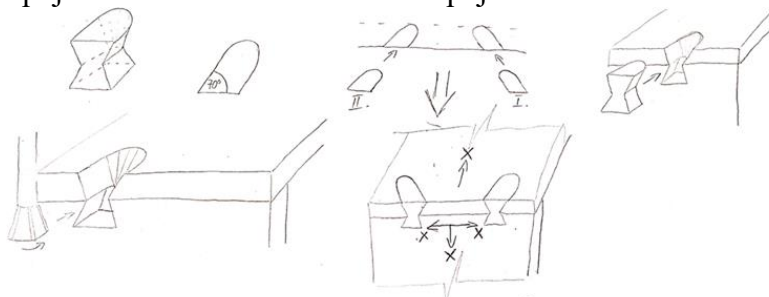
**Alternatíva I:** tento druh spojky môžeme použiť pri demontovateľnom spoji a to nastavovaním na hrúbku, šírku a aj dĺžku. Je možné ho uplatniť aj v rohových, stredových spojoch doskových ale aj prútových konštrukciách.

**Alternatíva II:** danú spojku je možné použiť v prípade, kedy je potrebné stredové spojenie prútov a dosiek spájajúca 3 prvky, ale taktiež sa môže použiť pri nastavovaní na hrúbku, šírku a dĺžku dosiek a prútov.

**Alternatíva III:** použitím tejto spojky je možné vytvoriť rohový spoj pod uhlami a to napríklad:  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ , ale taktiež umožňuje tvorbu stredových spojov v tvare T doskových a prútových konštrukcií.

**Alternatíva IV:** spojka sa dá použiť pri nastavovaní na dĺžku, šírku a ich kombináciu. Spojka umožňuje tvorbu rohových spojov dosiek a prútov, ktoré po zložení majú  $90^\circ$  uhol.

**Alternatíva V:** Postupným vývojom a tvorbou návrhov sa dospelo ku konečnému riešeniu a tvorbe spojovacieho prostriedku (obr. 5), ktorý využíva princípy rybiny. Tým že spojka je navrhnutá tak, že má v pôdoryse uhol  $70^\circ$  došlo k zabráneniu samovoľnému uvoľneniu spájaných dielcov čím sa spoj zaradil do skupiny zámkových spojov. Po vložení 2. spojky sa spoj uzamkne. Spoj dosahuje nulový počet stupňov voľnosti. Jeden stupeň voľnosti vytvára samotná spojka a to v smere zasunutia do spoja.

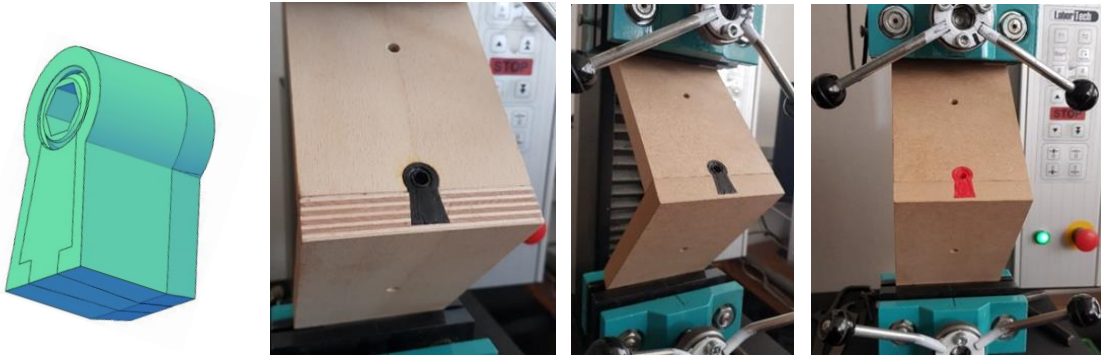


Obr. 5 Alternatíva V – výsledný návrh vychádzajúci z predchádzajúcich alternatív (Beliansky, 2024)



### Návrh konečného tvaru prototypu

Z predchádzajúcich návrhov a jednotlivých úprav sme dospeli ku konečnému návrhu, ktorý bol osadený do spoja a následne odskúšaný v skúšobnom zariadení. Na obr. 6 je znázornený prototyp spojky a spojka osadená v rohovom spoji, ktorý je pripravený na tlakové zaťaženie



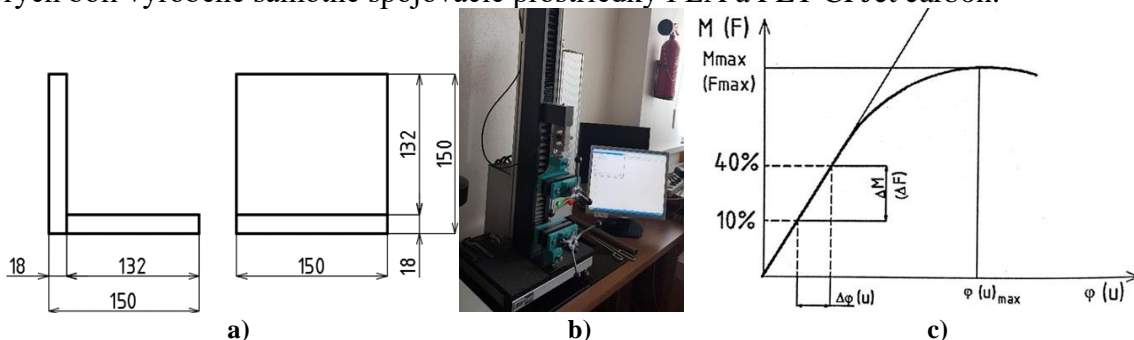
Obr. 6 Prototyp spojky a spojka osadená v rohovom spoji, ktorý je pripravený na tlakové zaťaženie (Beliansky, 2024)

### Konštrukčné materiály

Pri návrhu spoja je potrebné sa zaoberať dvomi aspektami a tými sú materiál konštrukčných prvkov, ktoré budú spájané (napr. masív, MDF, DTD a pod.) a materiál z ktorého je vyrobený samotný spojovací prostriedok. Výber vhodného konštrukčného materiálu prevažne závisí od celkového zaťaženia pôsobiaceho na konštrukciu od ktorého sa následne odvíja zaťaženie v jednotlivých spojoch a samotných spojovacích prostriedkoch. Výber materiálu ovplyvní nie len náklady na výrobu ale môže dôjsť aj k zmene technologických postupov. V súčasnosti je možný široký výber filamentov pre 3D tlač z rôznych plastov. Jedná sa o plasty s rôznymi vlastnosťami v závislosti od použitia v danom prostredí, kedy je potrebná vysoká pevnosť, tvrdosť, oderuvzdornosť, plasticnosť, pružnosť, zdravotná nezávadnosť a pod. V našom prípade boli na 3D tlač použité materiály do prostredia s mechanickým zaťažením PLA a PETG CFJet (carbon), ktoré sa vyznačovali vysokou pevnosťou a odolnosťou voči poškodeniu pri zaťažení.

### Stanovenie pevnostných vlastností rohových spojov s inovatívnou spojku

Skúšky spojov boli vykonávané s trhacím strojom zobrazených na obr. 7, pričom samotné skúšky prebiehali zaťažením v uhlovej rovine v ťahu a tlaku. Merania boli uskutočnené v rohových spojoch z MDF a preglejky, obe hr. 18 mm, pričom sa skúšali dva materiály z ktorých boli vyrobené samotné spojovacie prostriedky PLA a PET CFJet carbon.



Obr. 7 Tvar a rozmery skúšobného telesa (a), skúšobné zariadenie a stanovenie únosnosti testovaných spojov LabTest 4.050 (b), priebeh skúšky – silovo deformačný diagram (c) (Beliansky, 2024)



Výpočet *únosnosti* rohového spoja:

$$M_u = F_{max} \cdot l \text{ (N.mm)} \quad (1)$$

kde:  $F_{max}$  – maximálna sila dosiahnutá pri porušení spoja (N)  
 $l$  – rameno spoja, na ktorom pôsobí zaťažujúca sila (mm)

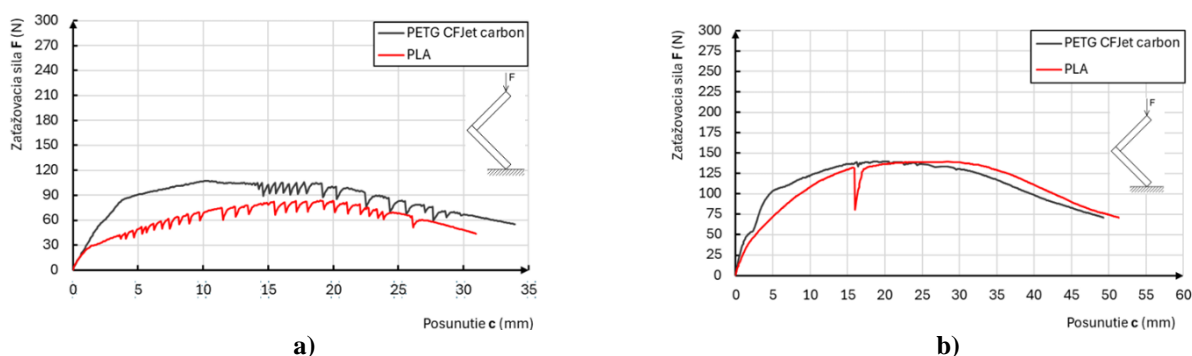
Výpočet koeficientu *tuhosti* rohového spoja:

$$t = \frac{\Delta M}{\Delta \varphi} \text{ (N.mm/}^\circ\text{)} \quad (2)$$

kde:  $\Delta M = M_u \cdot 30\%$  (N.mm)  
 $\Delta \varphi = \varphi_{10} - \varphi_{40}$  – zmena uhla ramien spoja ( $^\circ$ ), pri namáhaní v uhlovej rovine tlakom;  
 $\Delta \varphi = \varphi_{40} - \varphi_{10}$  pri namáhaní v uhlovej rovine ťahom

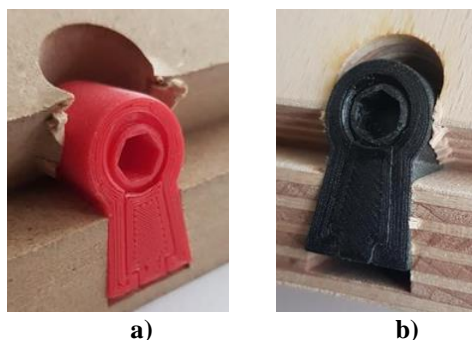
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Únosnosť rohových spojov s inovatívnou trojčast'ovou spojkou, dosahovala pri namáhaní v uhlovej rovine tlakom nižšie hodnoty ako pri namáhaní v uhlovej rovine ťahom. Z pohľadu bezpečnosti sú preto tieto hodnoty dôležitejšie. Spojka vyrobená z materiálu PETG CFJet carbon dosahovala pri zaťažení v uhlovej rovine ťahom aj tlakom vyššie priemerné hodnoty únosnosti (8563,60 N.mm) ako spojka vyrobená z plastu PLA, kde priemerná únosnosť bola (6683,68 N.mm) v materiály MDF. V spojoch vyrobených z preglejky dosahovala spojka PETG CFJet priemernú únosnosť 11182,40 N.mm, spojka z PLA 11156,80 N.mm. Zmenou konštrukčného materiálu z MDF na PDP došlo k nárastu únosnosti pri spojke PETG CFJet o 30 %. Zmena konštrukčného materiálu pri použití spojky PLA spôsobila taktiež nárast únosnosti a to až o 67% čím sa priblížila k hodnote PETG CFJet spojky. Charakteristický priebeh zaťažovacej krivky pri namáhaní v uhlovej rovine tlakom pre obe spojky osadené v MDF a preglejke hr. 18 mm je na obr. 8.



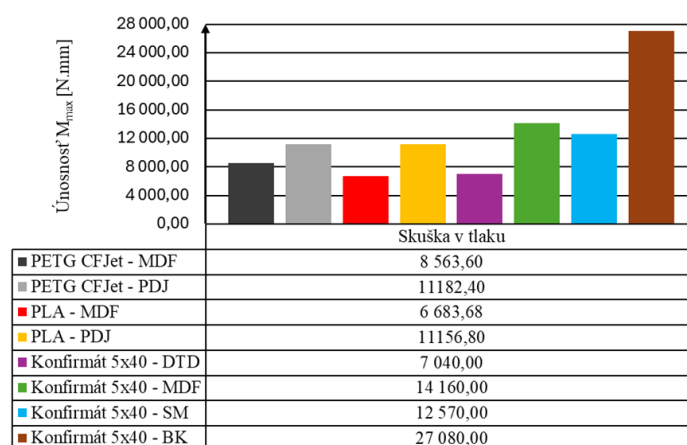
**Obr. 8** Charakteristický silovo deformačný diagram pri namáhaní spojov v uhlovej rovine tlakom a) MDF hr. 18 mm, b) preglejka hr. 18 mm (Beliansky, 2024)

V jednotlivých skúškach plastových spojok nedošlo k ich poškodeniu, ale zakaždým došlo k porušeniu v spájanom materiály (prvku), z čoho plyní druhé zistenie že práve mechanické vlastnosti materiálu spájaných prvkov taktiež do značnej miery ovplyvňujú vlastnosti celého spoja. Charakteristický priebeh porušenia rohového spoja je na obr. 9.



**Obr. 9** Charakteristické porušenie materiálu spoja pri namáhaní v uhlovej rovine tlakom a) MDF, b) preglejka (Beliansky, 2024)

Na obr. 10 môžeme vidieť porovnanie únosností nami testovaných spojov s bežne používanými nábytkovými spojmi a konštrukčnými materiálmi. Spoje s konfirmátom  $\varnothing 5 \times 40$  mm osadené v masívnom buku dosahujú najvyššie hodnoty. Nižšie hodnoty únosnosti dosahoval konfirmát  $\varnothing 5 \times 40$  mm osadený v DTD hr. 18 mm. Potvrdil sa predpoklad, že hustota a kvalita konštrukčného materiálu výrazne ovplyvňuje únosnosť spojov.



**Obr. 10** Porovnanie únosnosti  $M_{max}$  rozdielnych spojov (Beliansky, 2024)

## ZÁVER

Navrhovanie spojov a spojovacích prostriedkov má interdisciplinárny charakter a nie je vyhradené len pre konštruktérov nábytku. Tvorba spojovacieho prostriedku nie je jednoduchá činnosť ako sa na prvý pohľad môže zdať. Konštruktér musí zodpovedať veľkému množstvu otázok ešte pred tým ako sa spojovací prostriedok vyrobí, počas jeho výroby, po jeho výrobe a taktiež v priebehu jeho testovania, kedy dochádza k rôznym následkom rozhodnutí z predchádzajúcich postupov a riešení. Všetky zodpovedané faktory sú navzájom prepojené. Zmenou jedného faktora dochádza k vzniku ďalších možných variant, ktoré je potrebné upraviť a zvoliť vhodné riešenie.

Realizovaný výskum preukazuje vhodnosť použitia 3D tlače pre výrobu spojovacích prostriedkov, ale aj kompletného dielca určeného do nábytkovej konštrukcie. Vzhľadom na pomerne jednoduchú technológiu je možné vykonávať úpravy aj v priebehu tlače. Je možná rýchla tvarová zmena a taktiež zmena vstupného materiálu bez náročného prestavovania výrobného zariadenia. Vďaka širokej farebnej škále je možné vyhovieť zákazníkovi podľa jeho požiadaviek pre individuálny dizajn. Nie len farebná zmena je možná pri aditívnej technológií





3D tlač, ale taktiež aj materiálová zmena, podporená rôznorodosťou filamentov používaných pre FDM 3D tlač.

## LITERATÚRA:

- BELIANSKY, Š. (2022). *Nábytkové spoje s využitím 3D tlačených mechanických spájacích prostriedkov*. Bakalárska práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 72 s.
- BELIANSKY, Š. (2024). *Návrh nábytkového spojovacieho prostriedku a stanovenie jeho mechanických vlastností*. Diplomová práca, Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen, 123 s.
- BRANOWSKI, B., STARCZEWSKI, K., ZABŁOCKI, M., and SYDOR, M. (2020). Design issues of innovative furniture fasteners for wood-based boards, *BioRes.* 15(4), 8472-8495.
- DEMIREL, S., KUVEL, N. T., ÇAVA, K., ASLAN, M. (2024). The performance of 3d printed dowel with three different surface designs in furniture joints. *Turkish Journal of Forestry*, 25(1), 100-106. <https://doi.org/10.18182/tjf.1387389>
- ECKELMAN, C. A. AND SUDARTH, S. K. (1969) Analysis and design of furniture frames. *Wood SciTechnol*, 3, 239–255.
- HAJDAREVIC, S., KITEK KUZMAN, M., OBUCINA, M., VRATUŠA, S., KUŠAR, T., KARIŽ, M. (2022). Strength and stiffness of 3D-printed connectors compared with the wooden mortise and tenon joints for chairs. *Wood Material Science & Engineering*, 18(3), 870–883. <https://doi.org/10.1080/17480272.2022.2086065>
- KEYSTONE (s.a). Ancient Metal Clamp & Keystone Cuts found in Axum, Ethiopia, South of the Sahara, Africa. [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://solarey.net/ancient-metal-clamp-keystone-cuts-found-axum-ethiopia-south-sahara-africa/>
- LANGOVÁ, N., LIZOŇOVÁ, D. (2022). *Tvarové samosvorné spoje v nábytkových konštrukciách*, vedecká monografia, Technická univerzita vo Zvolene, 2022, 101 s., ISBN 978-80-228-3352-3
- PAX (s.a). PAX system. Dostupné na internete: <https://www.ikea.com/gb/en/cat/pax-system-19086/>, Citované dňa: 17.09. 2024.
- PODSKARBI, M., SMARDZEWSKI, J., MOLIŃSKI, K., MOLIŃSKA-GLURA, M. (2017). Design Methodology of New Furniture Joints. In *Drvna industrija* (Vol. 67, Issue 4, pp. 371–380). Faculty of Forestry, University of Zagreb. <https://doi.org/10.5552/drind.2016.1622>
- STEPANEK3D (s.a). Aké materiály sa používajú pri 3D tlači? [online]. [cit.29.9.2024]. Dostupné na internete: <https://stepanek3d.sk/ake-materialy-sa-pouzivaju-pri-3d-tlaci/>

**Pod'akovanie:** Táto práca bola podporená projektom VEGA 1/0264/22 „Vplyv procesných parametrov CNC technológie na kvalitu nábytkových spojov“.

### Adresa autorov:

Ing. Šimon Beliansky  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov  
T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen; SR  
xbeliansky@is.tuzvo.sk

doc. Ing. Nadežda Langová, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov  
T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen; SR  
langova@tuzvo.sk



## VEĽKOFORMÁTOVÁ 3D TLAČ PRI VÝROBE NÁBYTKU

Júlia Kaštierová – Roman Nôta

### Abstrakt:

Aditívna výroba ako jeden z najnovších technologických postupov preniká aj do výroby nábytku. Či už „hobby“ úpravami existujúcich nábytkov, tvorbou spojovacích komponentov alebo aj tvorbou hotových výrobkov priamo vytvorených 3D tlačou. V článku sa pozrieme na využitie veľkoformátovej 3D tlače využitej pri výrobe dizajnerských parafráz už existujúcich ikon.

**Kľúčové slová:** aditívna výroba, 3D tlač, nábytok, dizajn.

### ÚVOD

3D tlač je v súčasnosti už bežne dostupný prostriedok pre tvorbu či už prototypov alebo priamo hotových výrobkov. Podľa typu tlače sa dajú vytvárať aj rôzne doteraz ťažko realizovateľné tvarové riešenia nábytku, interiérových doplnkov alebo iných komponentov v priemysle alebo v umení a dizajne. 3D tlač môžeme rozdeliť hlavne podľa spôsobu vytvárania výtlačkov. Ide hlavne o tieto technológie:

- SLA/DLP/LCD – StereoLitogrAfia / Digital Light Processing / Liquid Crystal Display
- SLS – Selective Laser Sintering
- Powder Bed a Inkjet Head
- FDM/FFF – Fused Deposition Modeling / Fused Filament Fabrication

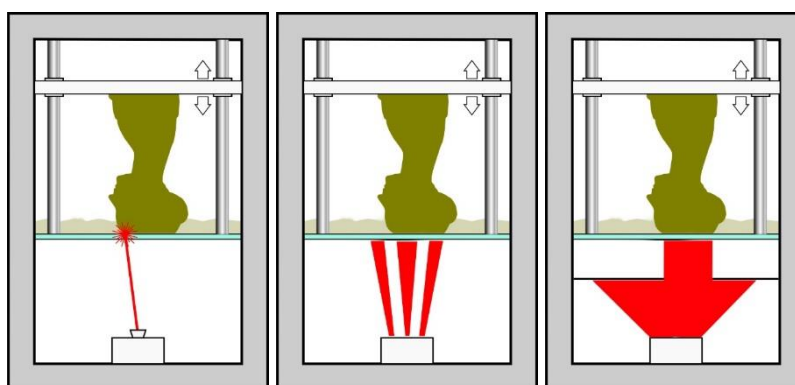
**SLA/DLP/LCD:** Táto metóda používa vytvrdzovanie tekutého plastu (fotopolyméru) pomocou ultrafialového žiarenia. Zameraním UV lasera – SLA, alebo nasvietením UV svetelným zdrojom – DLP/LCD do nádoby s kvapalinou vznikne tenká vrstva vytvrdeného polyméru, podložka v nádobe sa posunie a svetelný zdroj sa zameria na novú vrstvu až pokým nevytvorí celý výtlačok.

**SLS:** Táto metóda sa podobá na metódu SLA ale na rozdiel od nej používa ako vstup práškový materiál, ktorý sa natavuje laserovým lúčom. Môžu byť použité materiály plast, kov, keramika apod.

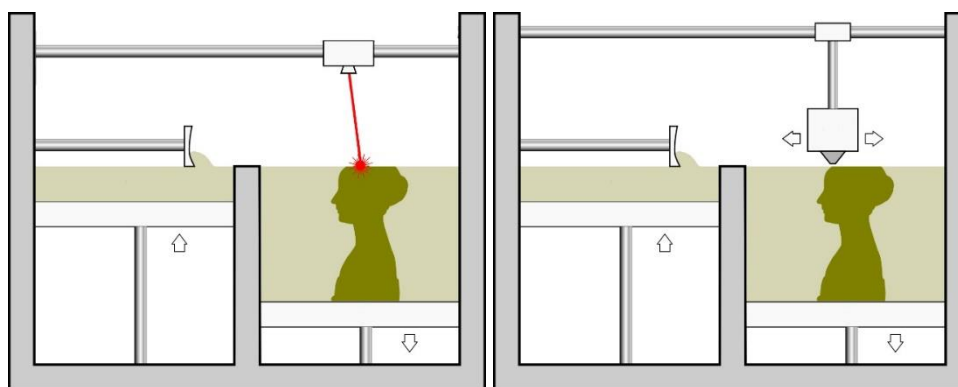
**Powder Bed a Inkjet Head:** Táto metóda podobne ako SLS používa pre tlač keramický práškový materiál ale na jeho spojenie sa používa nanášanie spojiva alebo rozpúšťadla ktoré následne tvrdne. Do spojiva sa môže pridať aj pigment ktorý zafarbí zvyčajne biely vstupný materiál a tým sa dá dosiahnuť plnofarebná tlač.

**FDM/FFF:** Metóda funguje na princípe roztavenie plastového drôtu (filament). Ten sa pomocou tlačovej hlavy nataví a vytlačí na podložku, takto sa vytláčajú jednotlivé vrstvy. Pri vychladnutí a stuhnutí plastu sa vrstvy navzájom spoja.

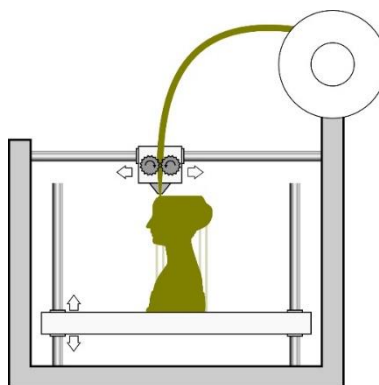
Niektoré z uvedených princípov 3D tlače sú uvedené na obr. 1 – 3.



Obr. 1 Princíp fotopolymerizačných technológií SLA – DLP – LCD [1].



Obr. 2 Princíp práškových technológií SLS – Powder Bed/Inkjet Head [1].



Obr. 3 Princíp tavenia plastu FMD/FFF [1].

Každá so spomínaných technológií ma svoje plusy aj mínusy a každá je vhodná na iný typ výroby. Asi najväčším mínusom práškových technológií je veľkosť výtlačkov. Maximálne rozmery výtlačkov sa pohybujú v desiatkach centimetrov (cca kocky s hracou 40cm) pričom cena výtlačku je pomerne vysoká. Z toho dôvodu sú vhodné skôr na tvorbu súčiastok v strojárskom priemysle.

Pri fotopolymerizačných technológiách je objemová veľkosť podobná, cena je nižšia avšak materiálové vlastnosti nedosahujú parametrov práškových. Výhodou je vysoká presnosť a detailnosť výtlačkov, najmenší priestorový prvok (VOLEX) pri výtlačoch sa môže pohybovať rádovo v stotínach milimetra (výška 0,05 plocha 0,02x0,02 mm).

Technologicky najjednoduchšia aj ekonomicky najpriateľnejšia tlač je pomocou FDM resp. FFF tlačiarní. Takéto tlačiarnie dokážu pracovať s veľkým počtom typov termoplastov. Či už čistých (PETG, ABS, PC) alebo s prírmesami (drevné vlákno, uhlíkové vlákna a pod.).



Výhodou tejto technológie, je aj možnosť veľkoformátovej tlače kde sa maximálny rozmer výtlačku už pohybuje v jednotkách metrov. Komerčne dostupné sú tlačiarne s klasickou konštrukciou dosahujú objemy cca 1m<sup>3</sup>. Čo možno neznie ako veľké číslo ale do 1 m<sup>3</sup> sa Thonetových stoličiek č. 14 zmestí 36 (obr. 4).

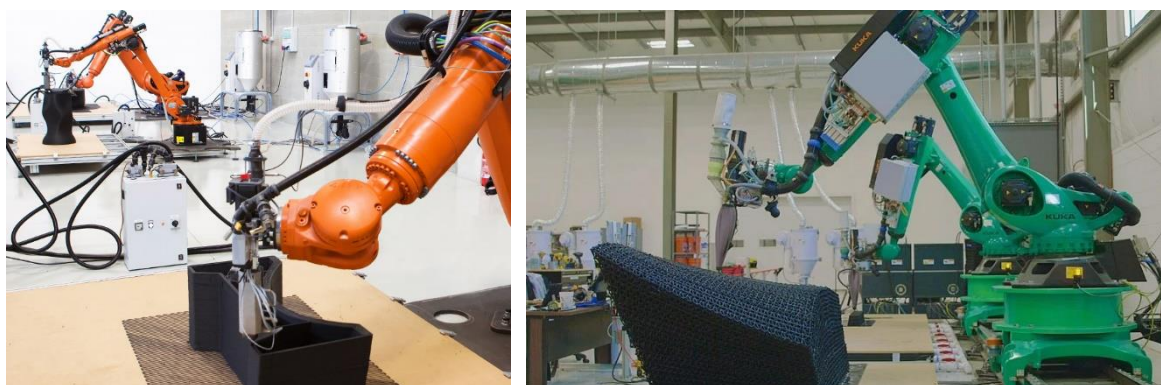


**Obr. 4** Uloženie Thonetových stoličiek č. 14 do objemu 1m<sup>3</sup> [2].

Pričom tlačové FDM systémy s robotickou rukou (obr. 5, 6) dosahujú veľkosti výtlačkov v desiatkach metrov. Takéto technologické systémy sa označujú ako LFAM (Large Format Additive Manufacturing).



**Obr. 5** Veľkoformátové FDM 3D tlačiarne [5]; [6].



**Obr. 6** Veľkoformátová FDM 3D tlač pomocou robotickej ruky [4]; [3].





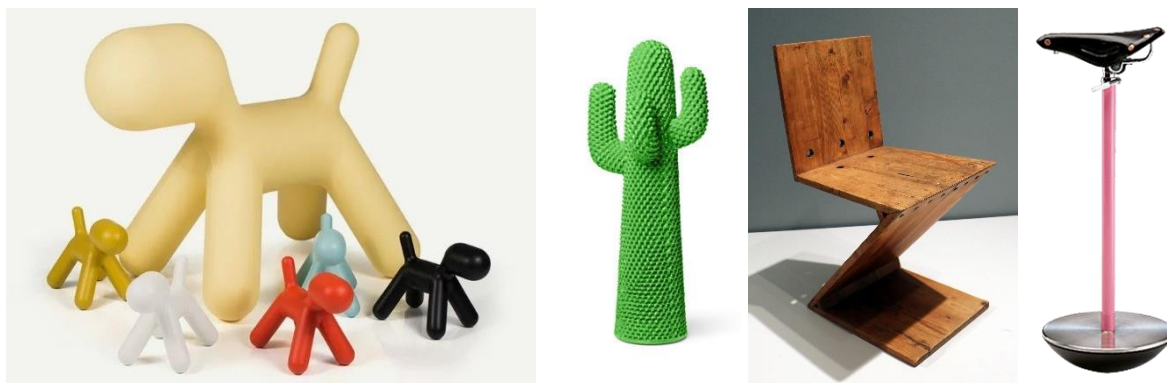
## CIEĽ

Cieľom práce bolo vytvorenie parafráz ikonických dizajnových nábytkov s využitím biomimetických vlastností dreva. Keďže sa jednalo o vlastnosti ktoré sú v dreve na mikroskopickej úrovni na ich pretvorenie do dizajnových podôb bola najlepšia technológia 3D tlače. Pri výrobe sa použili dva spôsoby 3D tlače a to FDM a SLA.

## VÝSLEDKY

Do dizajnových parafráz sme pretvárali tieto dizajnové produkty (obr. 7):

- **Magis Puppy Chair** od dizajnéra Eera Aarnia, 2004
- **Cactus** od dizajnérov Guida Drocca a Franca Mella, 1972
- **Zig-Zag Chair** od dizajnéra Gerrita Rietvelde, 1930-34
- **Sella** od dizajnérov Achilla a Piera Giacomina Castiglioni, 1957



Obr. 7 Ikonické dizajny: Puppy Chair[7], Cactus[8], Zig-Zag[12], Stella[9].

Každému novému produktu **biopuppy** (cactus, zig-zag, stella) sme vložili niektorú z biomimetických vlastností rastlín (obr. 8, 9). Išlo o:

- **BioPuppy** - Cystolity: Kryštály uhličitanu vápenatého, pravidelne rozmiestnené v epiderme listov. Prečnievajú až do fotosyntetického tkaniva (mezofilu), ktoré má strmý svetelný gradient (rýchlo znižuje priepustnosť svetla) Cystolity roz distributes svetlo z osvetleného (presvetleného) povrchu do menej osvetlených častí.
- **BioCactus** – Točivosť vlákien: V čase sucha umožňuje lepšie zásobovať korunu stromu živinami z koreňov.
- **BioZig-Zag** – Napojenie konára: Špeciálne usporiadanie vlákien dreva na hornej strane konára v mieste kontaktu s kmeňom. Vlákna vytvárajú vzájomné zapletenie vo forme zámku.
- **BioStella** – Phí zhrubnutie: Zhrubnutie buniek koreňov rastlín, vďaka tvaru sa predpokladá mechanická funkcia pri pohybe koreňa, ako obrana pred prenikaním patogénov či strate vody alebo pri jej nadbitku. Rozdiely obsahu vody v časti stredového valca koreňa spôsobujú rozdielny tlak. Poprepájané a zosieťované vlákna by mohli prenášať mechanický tlak z jednej bunky do druhej bez poškodenia koreňa.



Obr. 8 Cystolit [11], Točivosť vlákien [13], Napojenie konára [autori], Phí zhrubnutie [10].

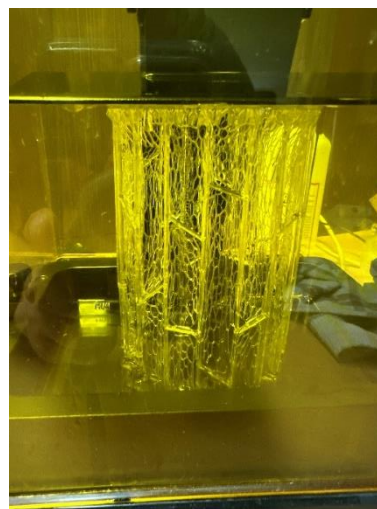
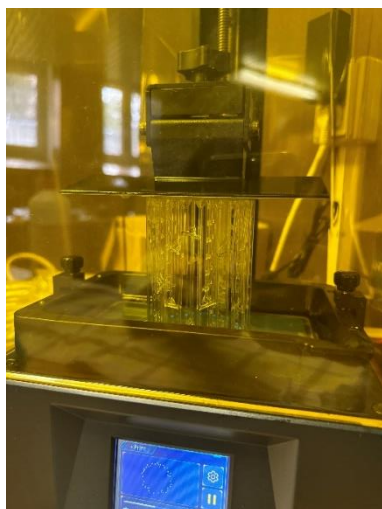


Obr. 9 BioPuppy, BioCactus, BioZig-Zag, BioStella [foto: autori]

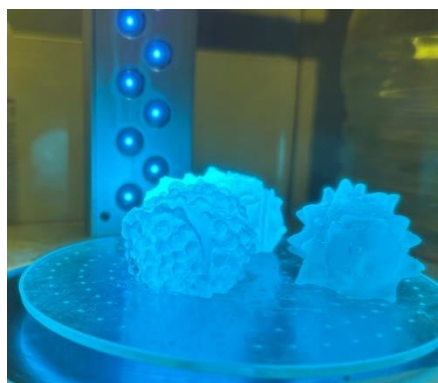
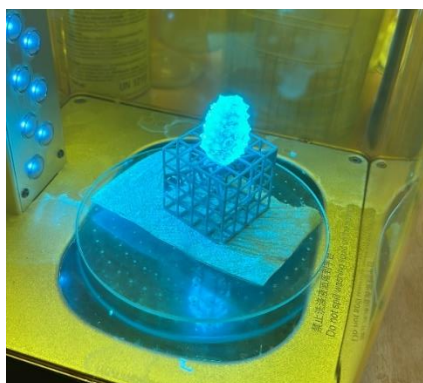
Výroba prebiehala v spolupráci so spoločnosťou i2-industrial innovations, s.r.o. Ktorá pomocou veľkoformátovej FDM tlačiarne tlačila jednotlivé dielce parafráz (na obr. 9 hnedá farba) a pomocou SLA tlačiarní transparentné dielce.



Obr. 10 Veľkoformátová tlač BioCactusu (i2-industrial innovations, s.r.o)



**Obr. 11** Tlač modelu Phi zhrubnutia – SLA/LCD technológia [foto: autori]



**Obr. 12** UV dotvrdzovanie modelov Cystolitov vytlačených SLA/LCD technológiou [foto: autori]

Na obrázku 12 je názorne vidieť ako štruktúra zväčšeného cystolitu distribuuje svetlo z UV lúčov. Pričom pri prvej fotografii ide o vyhladený povrch pomocou fotocitlivej živice (namočením do živice z ktorej sa tlačil) a pri druhej o výtlačky bez úpravy so stopami jednotlivých vrstiev.

## ZÁVER

Použitie aditívnej výroby 3D tlačou sa ukázalo výhodné z hľadiska jednoduchosti a rýchlosti tvorby netypických produktov. Najmarkantnejšie sa to ukázalo pri výrobe prvkov z transparentných materiálov pomocou stereolitografie kde naše produkty so svojou tvarovou zložitosťou by ich výroba bola pomocou „štandardných“ technológií náročná a nebojím sa povedať aj takmer nemožná (obr. 13).





**Obr. 13** Modely bio-parafráz dizajnov vystavené v Experimentálnom laboratóriu dizajnu, kreatívneho myslenia a tvorby – KDNI, TU vo Zvolene [foto: autori]

## LITERATÚRA:

1. SCOPIGNO R., CIGNONI P., PIETRONI N., CALLIERI M., DELLEPIANE M. (2017). "[Digital Fabrication Techniques for Cultural Heritage: A Survey](#)". Computer Graphics Forum 36 (1): 6–21. DOI:10.1111/cgf.12781.
2. AUTOR, 2021: 225 years of Michael Thonet, in: Design Diffusion, 17.9.2024, on line: <<https://designdiffusion.com/en/2021/07/01/225-years-of-michael-thonet/>> , Design Diffusion World SRL, Milano, 2021
3. PRIOR M., 2023: Branch Technology on 3D Printing Construction technology That Is IBC Compliant, in: 3Dnatives, 17.9.2024, on line: <<https://www.3dnatives.com/en/branch-technology-3d-printing-construction-technology-270620234/>>, 3Dnatives Europe, Paris, 2024
4. STAMPA 3D LFAM, 17.9.2024, on line: <<https://treddy.it/servizi/3d-printing-service/lfam/>>, Treddy 3D Printing & Consulting, Pescara, 2024
5. KAUPPILA I., 2024: 13 Large-Format 3D Printing Services We Recommend, in: All3DP.com 17.9.2024, on line: <<https://all3dp.com/2/large-3d-printing-services-large-scale-large-format/#i-14-branch-technology>> , All3DP GmbH, Munich, 2024
6. INDUSTRIAL 3D PRINTERS, 17.9.2024, on line: <<https://builder3dprinters.com/industrial-3d-printers/>>, Builder 3D Printers B.V., Noordwijkerhout, 2024
7. MAGIS PUPPY XSMALL CORAL, 18.9.2024, on line <<https://www.questodesign.com/en/magis-puppy-xsmall-.html>>, QuestoDesign.com, Breda, 2024
8. CACTUS, Another Green, 18.9.2024, on line: <<https://www.architonic.com/en/product/gufram-cactus-another-green/20143932>>, architonic.com, DAAily platforms AG, Zurich, 2024
9. Zanotta., 2024, Sella, 19.9.2024, on line: <https://www.zanotta.com/en-us/products/furnishing-accessories/sella>, Zanotta S.p.A. Single-member company, Milano, 2024
10. IDRIS N. A., COLLINGS D. A., 2019, The Induction and Roles Played by Phi Thickenings in Orchid Roots, in: Plants 2019, vol.: 8, issue 574, ISSN 2223-7747, MDPI, Basel, 2019
11. ISAKMARIJA, 2015: [Cystolith in the leaf of Ficus Elastica.jpg](#), 20.9.2024, on line: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Cystolith\\_in\\_the\\_leaf\\_of\\_Ficus\\_Elastica.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7c/Cystolith_in_the_leaf_of_Ficus_Elastica.jpg)>, 2024





12. SAILKO, 2016: Gerrit\_rietveld,\_sedia\_zig-zag,\_1938\_ca.jpg, 20.9.2024, on line: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Gerrit\\_rietveld%2C\\_sedia\\_zig-zag%2C\\_1938\\_ca.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/91/Gerrit_rietveld%2C_sedia_zig-zag%2C_1938_ca.jpg)>, 2024
13. KURESMAN J., foto: Colorful spiral snag, Meeks Table in Gifford Pinchot National Forest, in. Brown K., 2017: Why Do Trees grow in Spirals?, Blog, Washington Trail Association, 16.9.2024, on line: <<https://www.wta.org/news/signpost/why-do-trees-grow-in-spirals>>, Washington Trail Association, Seattle, 2017

### **Pod'akovanie:**

Tento článok vznikol s podporou Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu č. APVV-21-0015 a Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry v rámci projektu KEGA 006TU Z-4/2023

### **Adresa autorov:**

Mgr. Art. Júlia Kaštierová, ArtD.  
Technical University in Zvolen  
Department of Furniture and Interior Design  
T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen  
e-mail: kastierova@tuzvo.sk

Ing. Roman Nôta, PhD.  
Technical University in Zvolen  
Department of Furniture and Interior Design  
T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen  
e-mail: nota@tuzvo.sk



## VPLYV VYBRANÉHO TYPU ŠIJACEJ NITE NA ÚČINNOSŤ ŠITÝCH SPOJOV

Anna Vilhanová – Marek Merčiak

### Abstrakt:

Šité spoje čalúnnických poťahových materiálov sú jedným z najkritickejších miest čalúnenia. Kvalitu švu možno hodnotiť prostredníctvom jeho pevnosti, účinnosti, tuhosti, odolnosti voči oderu, zvrásneniu, a i. Príspevok je zameraný na stanovenie vplyvu vybraného typu šijacej nite Synton 30, na statickú pevnosť a účinnosť šitých spojov čalúnnických poťahových tkanín s rôznou pevnosťou, plošnou hustotou a rôznym typom priadzí. Šité spoje boli zaťažované v útkovom smere. Experimentálne overovanie preukázalo, že pevnosť spájaného materiálu je dôležitým faktorom ovplyvňujúcim pevnosť šitého spoja. Šité spoje poťahových čalúnnických textílií, pri ktorých  $F_{max}$  bola vyššia ako 700 N dosahovali účinnosť od 55 % do 56 %. Šité spoje vytvorené z materiálov s nižšou pevnosťou dosahovali účinnosť od 73 % do 79 %. Vo všetkých overovaných spojoch bola pri dosiahnutí maximálnej sily pretrhnutá šijacia niť. Výsledky experimentov potvrdzujú fakt, že jemnosťou šijacej nite možno významne modelovať pevnosť šitého spoja.

**Kľúčové slová:** šitý spoj, šijacia niť, hustota dostavy, pevnosť spoja, účinnosť spoja

### ÚVOD

Kvalitu šitého spoja je možné modelovať vzťahom medzi spájaným materiálom a faktormi, prostredníctvom ktorých je šitý spoj vytvorený, ako sú šijacia niť, šijacia ihla a dĺžka stehu a tiež faktormi, ktoré vstupujú do procesu šitia, z ktorých najdôležitejšie sú nastavenie a obsluha šijacieho stroja (Bhavesh a kol., 2018; Yassen, 2017). Mechanické vlastnosti spájaného textilného materiálu, jeho konštrukcia a materiálové zloženie sú základnými kritériami pre výber ostatných faktorov šitého spoja a významným spôsobom sa podieľajú na jeho mechanických a estetických vlastnostiach. Vyššia plošná hustota poťahového materiálu vo väčšine prípadov zabezpečuje jeho vyššiu pevnosť (Mukhopadhyay a Midha, 2013). Štúdie v oblasti odevných spojov však preukázali, že plošná hustota textílie má tiež zásadný vplyv na zvrásnenie švov. So zvyšujúcou sa hustotou textílie sa zvrásnenie spoja znižuje (Al Sarhan, 2013). Priamy vplyv na pevnosť a účinnosť šitých spojov má tiež hustota dostavy. Hustota dostavy znamená tesnosť štruktúry tkaniny. Štúdie (Mandal a kol., 2010, Bharani a kol., 2012) a Jebali a kol. (2016) preukázali, že pri textíliách s veľkou hustotou dostavy môže počas šitia nastať poškodenie priadzí. Pretrhnutie textilných priadzí v konečnom dôsledku znižuje pevnosť švu a účinnosť švu. Vysoká hustota dostavy vytvára v konštrukcii textílie malý alebo žiadny priestor pre umiestnenie ihly alebo šijacej nite. Pre možnosť prieniku šijacej ihly a šijacej nite takouto tkaninou, priadze v okolí švu ustupujú, čo môže viesť k určitému predĺženiu a stlačeniu tkaniny a tým môže dôjsť k zvlneniu švu (Galuszynski, 1986). Vysoká hustota dostavy je problematická pri krátkych stehoch a hrubých šijacích nitiach (Hui et al., 2007; Carvalho et al., 2013).

Z výsledkov publikovaných v odbornej literatúre je zrejmé, že jedným z najdôležitejších faktorov ovplyvňujúcim mechanické vlastnosti šitých spojov je šijacia niť. V mnohých prípadoch práve pevnosť šijacej nite je nositeľom pevnosti celého spoja. Pevnosť šijacej nite priamo súvisí s jej jemnosťou, nesprávny výber veľkosti šijacej nite priamo ovplyvňuje kvalitu švu odevných výrobkov (Bharani et al., 2012). Výskumy publikované







z oblasti šitých spojov odevných textílií preukazujú že väčšia hrúbka šijacej nite vedie k väčšej pevnosti švov akéhokoľvek spájaného materiálu (Mukhopadhyay a kol., 2004; Gribaa a kol., 2006; Bharani a kol., 2012; Hayes a Mcloughlin, 2013; Bhavesh a kol., 2018). Mukhopadhyay a kol. (2004) a Bhavesh a kol. (2018) to pripisujú vyššiemu zaťaženiu pri pretrhnutí a väčšej húževnatosti hrubšej priadze ako jemnej priadze. Na druhej strane Gribaa a spol. (2006) uvádzajú, že hrubšia niť vyžaduje použitie hrubšej ihly, ktorá môže látku poškodiť. Na základe tohto tvrdenia Al Sarhan (2013) uvádza, že hrubšia šijacia niť je pri šití vystavená väčšiemu treniu, čo v konečnom dôsledku môže znižovať jej pevnosť čo následne môže viesť aj k nižšej pevnosti šitého spoja. Jemnejšie šijacie nite sú vhodnejšie pre ľahké materiály, zatiaľ čo hrubšie šijacie nite vyhovujú látkam s vysokou plošnou hustotou (Al Sarhan, 2013; Choudhary a Goel, 2013). Konštrukcia šijacej nite je tvorená textilnými vláknami. Vo výrobe čalúneného nábytku sa používajú takmer výlučne šijacie nite syntetické polyesterové, ktoré sú, aj podľa výsledkov výskumu publikovaných v oblasti spojov odevných textílií, považované za najpevnejšie Únalom (2012) a Sularom a kol. (2015).





## MATERIÁLY A METÓDY

Skúšobné vzorky boli vyrobené z čalúnnických potahových tkanín s rôznou plošnou hustotou, materiálovým zložením a hustotou dostavy. Informácie o skúšobných materiáloch sú uvedené v tabuľke 1.

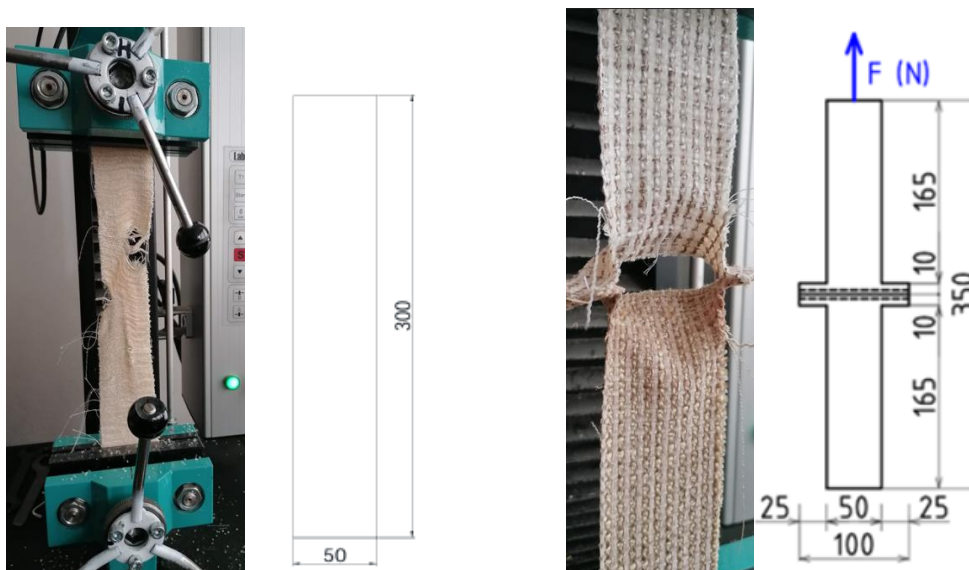
**Tabuľka 1: Experimentálne overované čalúnnické potahové materiály**

Číslo vzorky	Plošná hustota [g/m <sup>2</sup> ]	Materiálové zloženie	Dostava [ks priadzí/cm]	Konštrukcia a typ priadze
1	570	PES/ akryl	28	 jednoduchá
2	580	PES/ akryl/bavlna	50 (19/ 14/ 17)	 jednoduchá jednoduchá jednoduchá
3	487	PES/ akryl/bavlna	20 (6/ 14)	 efektná skaná
4	423	PES/ akryl	15 (2/ 2/)	 efektná efektná



			11)		jednoduchá
5	478	PES	45 (12/		jednoduchá
			33)		jednoduchá
6	305	PES/ akryl	21		jednoduchá

Šité spoje boli vytvorené pomocou šijacej ihly GROZ-BECKERT R 100/16, ktoré výrobca doporučuje pre spájanie tkaných materiálov, s dĺžkou stehu 4 mm. Ako spojovací prostriedok bola použitá šijacia niť SYNTON 30. Šité spoje boli vyrobené na priemyselnom šijacom stroji Juki 185, viazaným dvojniťovým stehom. Pre overenie vplyvu vybraných faktorov bol zvolený chrbtový šev triedy 1.00.00 (ISO 4916). Pre zistenie maximálnej sily na pretrhnutie šva bola použitá metodika Strip podľa STN EN ISO13935-1: 2014. Pri textilných materiáloch tkaných je pevnosť textílie v smere útku vždy nižšia alebo maximálne rovná pevnosti v smere osnovy. Vzorky poľahových čalúnnických tkanín boli zaťažované v smere útku a tiež skúšobné vzorky s švom boli zaťažované v smere útkovom. V každom smere bolo testovaných 7 skúšobných vzoriek. Na určenie maximálnej sily pri pretrhnutí textílie bola použitá metodika podľa STN EN ISO13934-1: 2013. Experimentálne overovanie bolo vykonané na univerzálnom numericky riadenom testovacom stroji LabTEST 4.05, rýchlosť zaťažovania skúšobných vzoriek bola 100 mm/min. Schémy zaťaženia a rozmery skúšobných vzoriek sú uvedené na obr. 1.



Obr. 1 Schémy zaťaženia a rozmery skúšobných vzoriek





Mieru vplyvu vybraných parametrov šitého spoja na jeho pevnosť vo vzťahu k pevnosti spájaného materiálu je účinnosť švu. Účinnosť švu je pomer pevnosti švu k pevnosti spájaného materiálu a vyjadruje sa podľa vzťahu (1):

$$P_s = \frac{F_{Smax}}{F_{Tmax}} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

kde:  $F_{Smax}$  je pevnosť vzorky so švom (N)

$F_{Tmax}$  je pevnosť vzorky bez spoja (N).

Výsledky experimentov boli vyhodnotené graficky pomocou programu Excel.

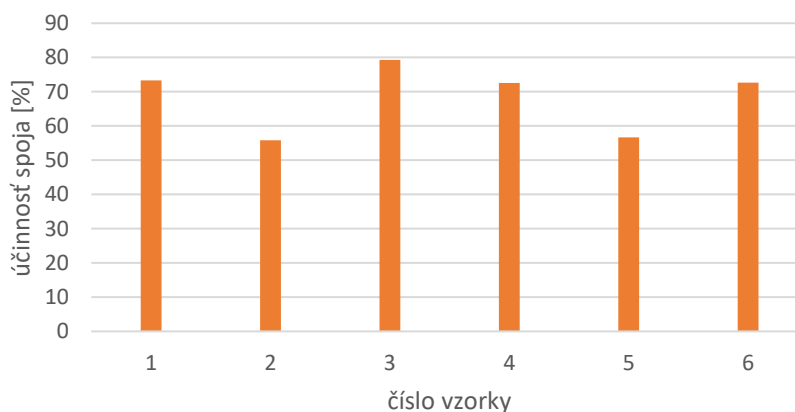
## VÝSLEDKY

Experimentálne stanovené  $F_{max}$  skúšobných vzoriek bez spoja a skúšobných vzoriek s šitým spojom sú uvedené v tabuľke č. 2.

Tabuľka 2: Experimentálne stanovené  $F_{max}$

Č. vzorky	1	2	3	4	5	6
$F_{max}$ textílie [N]	748	950	521	650	970	713
$F_{max}$ spoja [N]	548	530	413	472	550	518

Pri zisťovaní maximálnej sily pri pretrhnutí šva bola pri všetkých overovaných spojoch pretrhnutá šijacia niť. Pri šitých spojoch textílií, kde sa v dostave nachádzali efektne priadze dochádzalo tiež k poškodeniu týchto priadzí, avšak nositeľom pevnosti spoja bola taktiež šijacia niť, pretože tá bola potrhávaná v celej zaťažovanej šírke vzorky. Na obrázku 2 sú uvedené hodnoty účinnosti šitých spojov vyjadrujúce vplyv vybraných faktorov na overovanú skúšobnú textíliu.



Obr. 2 Účinnosti overovaných šitých spojov

## ZÁVER

Všeobecne platí, že účinnosť šitých spojov by nemala klesnúť pod 80 %. U našich overovaných šitých spojov sme účinnosť spoja nedosiahli ani pri jednej skúšobnej textílii. Pri textíliách č. 2 a 5 boli zistené najnižšie účinnosti zo všetkých overovaných. Tento problém pravdepodobne zapríčinil a vysoká pevnosť potažovej textílie účinnosť spoja. Z výsledkov experimentu možno skonštatovať, že vybraný typ spojovacieho materiálu je s pohľadu



účinnosti spoja vhodný pre čalúnnické poťahové tkaniny s  $F_{max}$  v útkovom smere do 700 N. Pre tkaniny s vyššou hodnotou by bolo potrebné voliť šijaciu niť s nižšou jemnosťou.

## LITERATÚRA:

- Al SARHAN, T.M.: Interaction between sewing thread size and stitch density and its effects on the seam quality of wool fabrics. *Journal of Applied Sciences Research*, Vol. 9 No. 8, pp. 4548-4557.
- BHARANI, M., MAHENDRA GOWDA, R.V.: Characterization of seam strength and seam slippage on pc blend fabric with plain woven structure and finish. *Research Journal of Recent Sciences*, 2012, Vol. 1 No. 12, pp. 7-14.
- BHAVESH, R., MADHURI, V. K., SUJIT, S. G.: Effect of Sewing Parameters on Seam Strength and Seam Efficiency. *Trends in Textile Engineering and Fashion Technology*. [online]. Crimson publisher, 2018, 4(1), ISSN: 2578-0271.
- CARVALHO, M., CARVALHO, H., SILVA, L.F.: Problems relating to sewin. In Jones, I. and Stylios, G.K. (Eds), *Joining Textiles Principles and Applications*, Woodhead Publishing Series in Textiles, 2013, No. 110, pp. 149-174.
- CHOUDHARY, A.K., GOEL, A.: Effect of some fabric and sewing conditions on apparel seam characteristics. *Journal of Textiles*, 2013, pp. 1-7.
- GALUSZYNSKI, S.: Seam pucker, *Sawtri Special Production*, 1986, Vol. 76, ISBN 0 7988 3228 2.
- GRIBAA, S., AMAR, S.B., DOGUI, A.: Influence of sewing parameters upon the tensile behavior of textile assembly. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2006, Vol. 18 No. 4, pp. 235-246.
- HAYES, S., MCLOUGHLIN, J.: The sewing of textiles. Jones, I. and Stylios, G.K. (Eds), *Joining Textiles Principles and Application*. Woodhead Publishing Series in Textiles, 2013, No. 110, pp. 62-122.
- ISO 4916: 1991 Textiles. Seam types classification and terminology.
- JEBALI, N., BABAY DHOUIB, A., BEN HASSEN, M.: Modeling the overall seam quality of woven cotton fabric. *International Journal of Applied Research on Textile*, 2016, Vol. 4 No. 1, pp. 47-61.
- HUI, P.C.L., CHAN, K.C.C., YEUNG, K.W., NG, F.S.F.: Application of artificial neural networks to the prediction of sewing performance of fabrics. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2007, Vol. 19 No. 5, pp. 291-318.
- MANDAL, S., ABRAHAM, N.: An overview of sewing threads mechanical properties on seam quality, *PTJ*, 2010, pp. 40-43.
- MUKHOPADHYAY, A., MIDHA, V.K.: The quality and performance of sewn seams, in Jones, I. and Stylios, G.K. (Eds), *Joining Textiles Principles and Applications*, Woodhead Publishing Series in Textiles, Number 110, pp. 175-207.
- MUKHOPADHYAY, A., SIKKA, M., KARMAKAR, A.K.: Impact of laundering on the seam tensile properties of suiting fabrics. In *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2004, Vol. 16 No. 4, pp. 394-403.
- STN EN ISO 13934-1: 2013: Textilie. Ťahové vlastnosti plošných textílií Časť 1 Zisťovanie maximálnej sily a ťažnosti pri maximálnej sile metódou Strip.
- STN EN ISO 13935-1: Textilie. Ťahové vlastnosti švov na plošných textíliách a konfekčných výrobkoch. Časť 1: Zisťovanie maximálnej sily pri pretrhnutí šva metódou Strip.
- SULAR, V., MESEGUL, C., KEFSIZ, H., SEKI, Y.: A comparative study on seam performance of cotton and polyester woven fabrics. *The Journal of the Textile Institute*, Vol. 106, No. 1, pp. 19-30.
- ŮNAL, Z.: The prediction of seam strength of denim fabrics with mathematical equations. *Journal of the Textile Institute*, Vol. 103, No. 7, pp. 744-751.
- YASSEN, H. 2017. Study of the Relationship between sewing and fabric Parameters and Seam Strength. *International Design Journal*, 2017, Vol. 7, Issue 2, No. 22, DOI: 10.12816/0046559.

## Adresa:

Ing. Anna Vilhanová, PhD.  
Drevárska fakulta,  
Technická univerzita,  
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov  
T.G.Masaryka 24,  
960 01 Zvolen  
e-mail: [vilhanova@tuzvo.sk](mailto:vilhanova@tuzvo.sk)

Bc. Marek Merčiak  
Drevárska fakulta,  
Technická univerzita,  
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov  
T.G.Masaryka 24,  
960 01 Zvolen



## PRÍPRAVA DREVOTRIESKOVÝCH DOSIEK STUDENÝM DOLISOVANÍM

Henrich Lübke – Vladimír Ihnát – Rastislav Čerešňa

### Abstract:

The article describes the method of preparing particle boards (PB) using a new technology of cold pressing after hot pressing of the carpet according to PCT/SK2023/000007 (ÚPV SR, 13.06.2023) using polyvinyl acetate (PVAc) glue. For comparison, the experiment was also carried out using UF glue and their mutual combination. The new method shortens hot pressing, or reduction of pressing temperatures, while the prepared PB released from pressing pressure no longer spring and harden over time. The curing kinetics of both PVAc and UF adhesives were described by monitoring the strength and flexural modulus of PB as a function of time after press release. Laboratory tests have confirmed that the mechanical properties of PB are in accordance with the requirements of EN 312/3 for chipboards used in dry environments.

**Keywords:** cold pressing of particle boards, plastification of lignin, PVAc glue, UF glue.

### ÚVOD

Drevotrieskové dosky (DTD) sa vyrábajú z drevných triesok z prírodného dreva s možnosťou opätovného použitia určitého percenta triesok z odpadových aglomerovaných materiálov tak, aby boli splnené normou požadované fyzikálno-mechanické vlastnosti (Ihnát et al., 2018; Iždinský et al. 2020) a aby nebol prekročený povolený obsah voľného formaldehydu v pripravených DTD (Czarnecki et al., 2003). Na vysušené triesky sa nanáša lepidlo, triesky sa vrstvia do koberca a lisujú vo viacetážových diskontinuálnych lisoch alebo kontinuálnych lisoch pri teplote lisovacích platní až 250 °C po dobu 8 až 15 s na 1 mm hrúbky dosky (de Mets 1981; Koehler 1995; Kroll 2003; Hse et al., 2008; Weinkotz 2011; 2015, Iždinský et al., 2020). Dosky po vylisovaní sú klimatizované za účelom vyrovnaní teploty a vlhkosti v ich priereze.

Pre výrobu uvedených dosiek sa používajú hlavne lepidlá na báze močovino-formaldehydových živíc (UF) (Iždinský et al., 2021) v rôznych modifikáciách s emisnou triedou formaldehydu E1. Lepidlá na báze PVAc sú nepoužiteľné pre súčasnú technológiu výroby, kvôli krátkym lisovacím časom by lepidlo v priebehu lisovania nevytvrdlo.

V práci je popísaná laboratórna príprava DTD hrúbky 16 mm studeným dolisovaním z prírodných aj z recyklovaných triesok s použitím PVAc aj UF lepidla aj ich vzájomnej kombinácii. Dosiachnuté mechanické vlastnosti sú v súlade s požiadavkami EN 312-3 (2010) pre trieskové dosky na vnútorné zariadenie, vrátane nábytku, na použitie v suchom prostredí. Kinetika vytvrdzovania PVAc lepidla aj UF lepidla je popísaná sledovaním pevnosti v ohybe a modulu pružnosti v ohybe v závislosti na čase po uvoľnení lisovacieho tlaku studeného lisu. Pripravené DTD neodpružujú a sú schopné okamžitej manipulácie s nimi.



## MATERIÁL A METÓDY

### **Materiál**

Pre povrchové vrstvy sa použili triesky veľkosti 0,3 mm až 2 mm, pre stredové vrstvy sa použili triesky veľkosti 2 až 4 mm. Recyklované triesky boli získané dezintegráciou odpadových DTD lepených UF lepidlom (Ihnát et al. 2017). Recyklované triesky boli v experimente používané na povrchové aj stredové triesky v pomere 1:1. Na prípravu DTD boli použité polyvinylacetátové (PVAc) lepidlo Duvilax D3 RS (Duslo a.s. Šaľa, SK) a močovinoformaldehydové lepidlo Kronores CB 1100 F (Diakol Strážske s.r.o., SK), s prídavkom 5% tužidla DAM 390 (Duslo a.s. Šaľa, SK) sušiny na sušinu lepidla.

### **Príprava DTD**

Na triesky o nízkej relatívnej vlhkosti do 3 % sa nanieslo lepidlo v množstve 10% sušiny lepidla na sušinu triesok v nanášačke lepidla (Defibrátor, SE). Lepiaca zmes obsahovala parafín. Povrchové a stredové triesky sú v pomere 1:1. Vytvorený trieskový koberec 370 x 290 mm sa v horúcom lise stlačil tlakom 120 kg/cm<sup>2</sup> na požadovanú hrúbku 16 mm. Hrúbka dosky sa dosiahla použitím dištančných líšt. DTD sa v horúcom lise zohriala na teplotu tak, aby teplota v strede DTD bola v rozmedzí 90 až 100°C. Teplota v strede trieskového koberca sa merala zapichovacou tepelnou sondou napojenou na data logger. Teplota lisovacích platní bola 150°C. Po dosiahnutí požadovanej hrúbky bola doska ihneď chladená a lisovaná za studena až do schladenia na teplotu stabilizácie DTD pod 70°C.

Pri teplote studeného lisu 17 °C bol čas dosiahnutia tejto teploty 88 až 110 s pre PVAc lepidlo. Čas lisovania za studena na dosiahnutie teploty pod 70 °C pri počiatkovej teplote studeného lisu 20 °C dosahoval 135 s pre UF lepidlo. Doska bola následne formátovaná a kondicionovaná pri teplote 20°C a vlhkosti 55 %.

### **Stanovenie vlastností pripravených DTD**

U pripravených vzoriek boli stanovené vlastnosti: pevnosť v ohybe a modul pružnosti v ohybe podľa STN EN 310 a hodnota pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky podľa STN EN 319. Každá uvádzaná hodnota pevnosti v ohybe a modulu pružnosti v ohybe je priemerná hodnota z 12 odskúšaných vzoriek a hodnota pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky je priemerná hodnota z 24 odskúšaných vzoriek. Stanovenie vlastností bolo prevedené po 7 dňoch kondicionovania.

### **Kinetika vytvrdzovania DTD pri studenom lisovaní po horúcom stlačení koberca**

Vytvrdzovanie DTD bolo sledované zmenou pevnosti v ohybe a modulu pružnosti v závislosti na čase od vybratia zo studeného lisu. Trieskový koberec z prírodných triesok bol vložený do horúceho lisu a stlačený na hrúbku 16 mm. Teplota lisovacích platní horúceho lisu bola 150°C. Vylisovaná DTD bola premiestnená do studeného lisu, keď teplota v jej strede dosiahla v prvom prípade 98 °C a v druhom prípade nižšiu teplotu 90°C. V studenom lise bola DTD zalisovaná na hrúbku 16.0 mm, na hrúbku dištančných líšt. Uvoľnenie lisovacieho tlaku studeného lisu sa udialo v momente poklesu teploty na požadovanú teplotu stabilizácie DTD pod 70°C (PCT/SK2023/000007, ÚPV SR, 13.06.2023). DTD vybratá zo studeného lisu bola ihneď spracovaná t.j. bola napílená na vzorky na stanovenie pevnosti v ohybe a na stanovenie modulu pružnosti. Obe tieto hodnoty boli stanovené na vzorkách postupne v čase po vybratí zo studeného lisu. Po vybratí DTD nedochádza k odpruženiu dosky. Vzorky po napílení boli uložené v prostredí s teplotou 20 °C a relatívnou vlhkosťou 55 %.





## Teplotný a tlakový diagram procesu studeného lisovania po horúcom stlačení koberca

Priebeh teploty meranej v strede lisovaného koberca bol zaznamenaný v čase pomocou tepelnej sondy napojenej na dataloger. Priebeh lisovacieho tlaku v čase bol zaznamenávaný pomocou ručičkových manometrov horúceho a studeného lisu. Laboratórna simulácia kontinuálneho procesu studeného lisovania po horúcom stlačení koberca sa uskutočnila kombináciou horúceho a studeného lisu tak, že triesky pred horúcim zalisovaním boli nahriate na teplotu 92 °C v sušiarňi alebo v mikrovlnke. Sledoval sa celkový čas lisovacieho cyklu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Pevnostné vlastnosti pripravených DTD

Stanovené hodnoty pevnosti v ohybe, modulu pružnosti a rozlupčivosti pripravených DTD sú uvedené v tab. 1. Z dosiahnutých pevností je zrejmé, že takto pripravené DTD spĺňajú kritéria kladené EN 312-3. Zníženie pevnostných vlastností DTD pripravených z recyklovaných triesok oproti tým, ktoré boli pripravené z prírodných triesok bolo očakávané (Hua et al., 2022; Iždinský et al., 2020,2021; Ihnát et al. 2020).

Tabuľka 1. Vlastnosti DTD pripravených studeným dolisovaním (priemerné hodnoty).

DTD na báze	Vlastnosť	Recyklované triesky	Natívne triesky	Požiadavka EN 312-3
PVAc	Pevnosť v ohybe (N·mm <sup>-2</sup> )	19.18 (9.21)	21.51 (5.28)	13.0
	Modul pružnosti (N·mm <sup>-2</sup> )	1896 (7.93)	2291 (6.48)	1600
	Rozlupčivosť (N·mm <sup>-2</sup> )	0.72 (11.1)	1.07 (9.11)	0.35
UF	Pevnosť v ohybe (N·mm <sup>-2</sup> )	18.79 (10.32)	22.84 (8.23)	13.0
	Modul pružnosti (N·mm <sup>-2</sup> )	2021 (6.21)	2343 (5.81)	1600
	Rozlupčivosť (N·mm <sup>-2</sup> )	0.71 (6.5)	1.37 (7.27)	0.35
* Kombinované	Pevnosť v ohybe (N·mm <sup>-2</sup> )	21.34 (9.54)		13.0
	Modul pružnosti (N·mm <sup>-2</sup> )	2262 (8.12)		1600
	Rozlupčivosť (N·mm <sup>-2</sup> )	0.93 (7.96)		0.35

\*Kombinácia čerstvých/recyklovaných triesok (1:1) a PVAc/UF lepidiel (1:1).

### Pevnostné vlastnosti pripravených DTD v závislosti na čase

#### Vlastnosti pripravených DTD na báze PVAc lepidiel v závislosti na čase

Po vybratí DTD zo studeného lisu pod teplotou 70 °C už nenastalo odpruženie, ktoré by mohlo zapríčiniť zhoršenie ich vlastností. Z toho vyplýva, že nie je nutné vytvrdenie lepidla počas lisovania v horúcom lise. Tab. 3 obsahuje namerané hodnoty pevnosti a modulu pružnosti v ohybe v závislosti od času ukončenia studeného dolisovania. Keď sa koberec triesok zohrial na 98 °C, už 0.5 h po vybratí zo studeného lisu dosiahla pevnosť v ohybe 14.6 N/mm<sup>2</sup> čo prevyšuje požadované normové hodnoty. Modul pružnosti dosahuje požadované hodnoty v časovom rozsahu medzi 4 až 24 h. V prípade, keď sa koberec triesok zohrial len na 90 °C normou požadované hodnoty pre pevnosť v ohybe boli dosiahnuté po 1 h po vylisovaní (15.4 N/mm<sup>2</sup>) a modulu pružnosti opäť v rozmedzí 4 až 24 h. Vytvrdzovanie PVAc lepidiel sa uskutočňuje stratou vody z lepidla extrakciou alebo odparovaním (Avramidis et al., 2011).



**Tabuľka 3. Kinetika vytvrdzovania pripravených DTD na báze PVAc.**

Čas (h)	Ohrev koberca na 90°C		Ohrev koberca na 98°C		Požiadavka EN	
	Pevnosť v ohybe (N/mm <sup>2</sup> )	Modul pružnosti (N/mm <sup>2</sup> )	Pevnosť v ohybe (N/mm <sup>2</sup> )	Modul pružnosti (N/mm <sup>2</sup> )	Pevnosť v ohybe (N/mm <sup>2</sup> )	Modul pružnosti (N/mm <sup>2</sup> )
0.5	12.1	807	14.6	1282	13.0	1600
1	15.4	1000	16.7	1293		
2	16.3	1200	16.7	1464		
4	16.7	1405	16.8	1490		
24	18.0	1900	18.7	1747		
48	20.1	2089	20.9	1858		
96	20.8	2107	22.2	2011		
120	21.3	2139	23.3	2081		

*Vlastnosti pripravených DTD na báze UF lepidiel v závislosti na čase*

Z tab. 4 je zrejmé, že vlastností DTD už 0.5 h po vybratí z lisu majú hodnoty na úrovni aké dosahujú po 24 h vytvrdzovania, ak sa koberec triesok zohrial na 98 °C. Tieto hodnoty vyhovujú požiadavkám normy STN EN 312-3. Keď sa koberec triesok ohrial na 90 °C, normou požadované hodnoty pevnosti v ohybe sa dosiahli 0.5 hod po vybratí z lisu. Požadovaný modul pružnosti sa dosiahol 1 až 2 h po vybratí z lisu.

**Tabuľka 4. Kinetika vytvrdzovania pripravených DTD na báze UF lepidla.**

Čas (hod)	Ohrev koberca na 90°C		Ohrev koberca na 98°C		Požiadavka EN	
	Pevnosť v ohybe (N/mm <sup>2</sup> )	Modul pružnosti (N/mm <sup>2</sup> )	Pevnosť v ohybe (N/mm <sup>2</sup> )	Modul pružnosti (N/mm <sup>2</sup> )	Pevnosť v ohybe (N/mm <sup>2</sup> )	Modul pružnosti (N/mm <sup>2</sup> )
0.5	13.75	1381	18.05	1988	13.0	1600
1	14.37	1548	18.51	1999		
2	15.45	1712	18.61	2001		
3	15.52	1731	18.65	1947		
4	14.82	1800	18.72	1997		
24	18.11	1917	19.05	2040		
48	18.35	1972	19.64	2159		
96	18.52	1985	19.83	2162		
120	18.75	2000	20.01	2174		

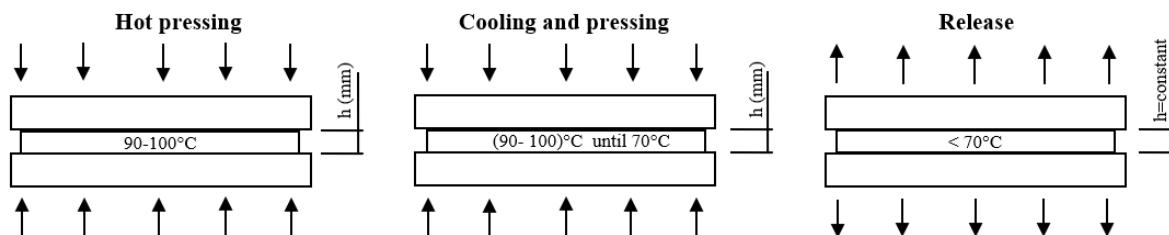
**Proces studeného lisovania po horúcom stlačení koberca (PCT/SK2023/000007, ÚPV SR, 13.06.2023).**

Lignocelulóza obsiahnutá v lignocelulóзовých materiáloch ako sú drevo, slama, cukrová trstina a podobne vplyvom zvýšenej teploty a vody mäkne (Ihnát et al., 2015). Stupeň plastifikácie sa zvyšuje prekonaním skelného prechodu s postupným rastom teploty (Bouajilaa et al., 2006). Podstata navrhovanej technológie spočíva v spojení procesu plastifikácie dreva s opačným procesom, procesom jeho tvrdnutia chladením do jedného technologického celku. Chladením je možné zmäknutý zalisovaný koberec stabilizovať tak, že po uvoľnení lisovacieho tlaku nedochádza k odpruženiu drevných častíc a doska má stabilnú hrúbku aj tvar dosiahnutý pri zalisovaní za tepla. Táto skutočnosť umožňuje vyrobiť dosku,



ktorej lepidlo nemusí vytvrdnúť v priebehu lisovania, môže tvrdnúť postupne v priebehu dlhšieho časového úseku v závislosti na ďalších technologických požiadavkách.

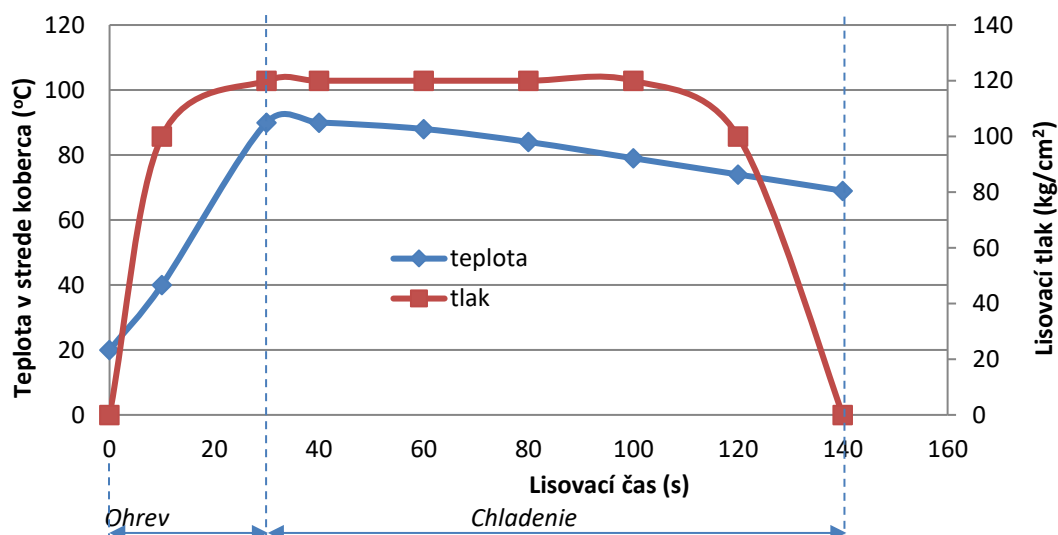
Podľa PCT/SK2023/000007 sa trieskový koberec predhreje tak, aby v strede prierezu koberca bola teplota 90 – 100 °C. Takéto triesky s naneseným lepidlom sa za uvedených podmienok stlačia na požadovanú hrúbku 16 mm. Po dosiahnutí požadovanej hrúbky sa doska lisuje za studena a intenzívne chladí pod 70 °C. Takáto DTD už neodpružuje, jej hrúbka ostáva konštantná aj po uvoľnení lisovacieho tlaku. Schéma procesu studeného lisovania po horúcom stlačení koberca je znázornená na obr. 3.



Obr. 3: Schéma procesu prípravy DTD studeným lisovaním po horúcom stlačení koberca (PCT/SK2023/000007 (ÚPV SR, 13.06.2023).

### Teplotný a tlakový diagram procesu studeného lisovania po horúcom stlačení koberca

Na obr. 4 je znázornený priebeh teplôt a lisovacieho tlaku pri uskutočnenej laboratórnej príprave DTD na báze PVAc za studena potom ako sa trieskový koberec zalisuje na požadovanú hrúbku 16 mm v horúcom lise a parným nárazom sa zohreje na stanovenú teplotu 90°C. Po dosiahnutí teploty triesok v strede koberca doska prejde do chladiacej časti lisu a schladí sa pod 70 °C. V tomto prípade bol čas uvoľnenia tlaku 140 s. Doska neodpruží a vytvrdzuje v čase.

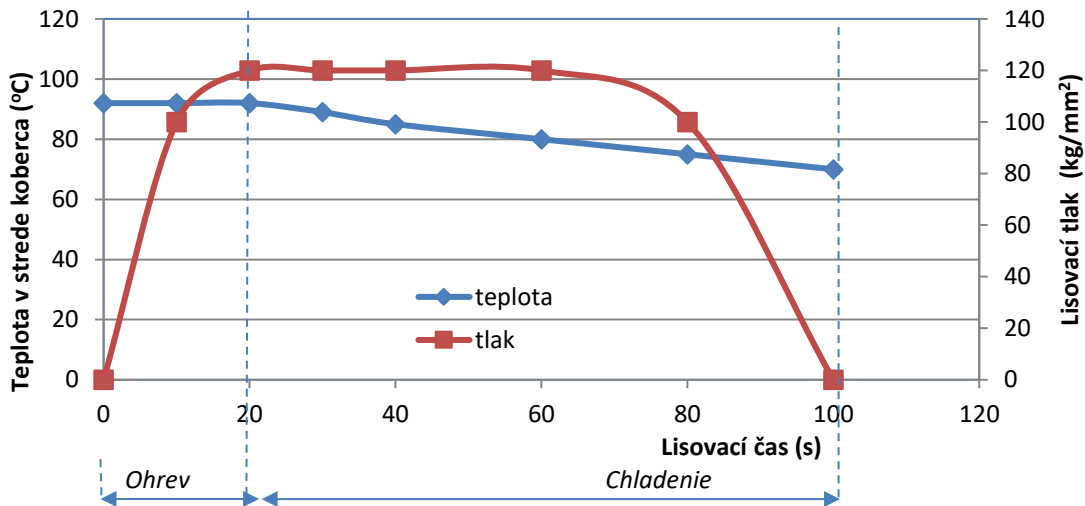


Obr. 4. Teplotný a tlakový diagram prípravy DTD na báze PVAc studeným lisovaním po stlačení koberca z triesok o teplote 20 °C, zohriatých na teplotu 90 °C v strede prierezu DTD v horúcom lise a následným chladiením na 70 °C a lisovaním pri teplote lisu 17 °C.



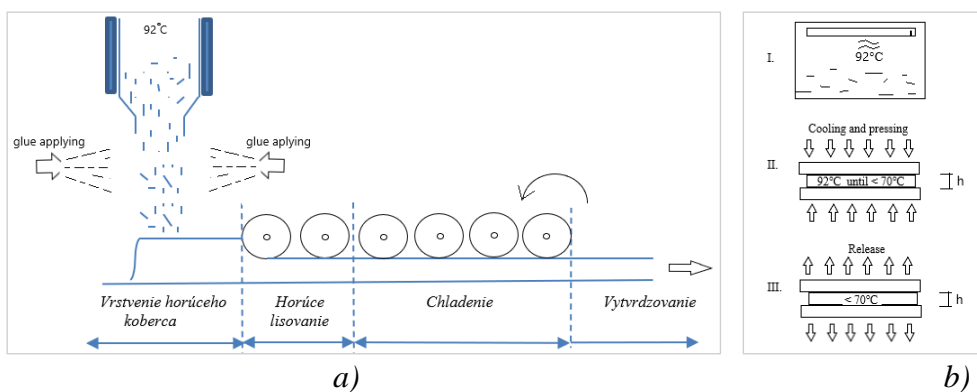
### Model kontinuálneho procesu studeného lisovania po horúcom stlačení koberca

Na obr. 5 je znázornený priebeh teplôt a lisovacieho tlaku pri uskutočnenej laboratórnej príprave DTD na báze PVAc za studena tak, že triesky pred horúcim zalisovaním sú už nahriate na požadovanú teplotu 92 °C v sušiarňi (obr. 6b). Skracuje sa tým čas ohrevu.



Obr. 5. Teplotný a tlakový diagram prípravy DTD na báze PVAc studeným lisovaním po stlačení koberca z triesok zahriatých na teplotu 92 °C v sušiarňi a následným chladením na 70 °C a lisovaním pri teplote lisu 17 °C.

Táto laboratórna metóda simuluje kontinuálny proces prípravy DTD v prípade, že na padajúce horúce triesky vyhriate v sušiarňi na 92 °C je rozprašovaním nanášané lepidlo (obr. 6a). Takto vytvorený trieskový koberec sa zalisuje pri teplote predlisu 92 °C na hrúbku 16 mm. Po dosiahnutí požadovanej hrúbky sa koberec schladí v studenom lise pod 70 °C. V tomto prípade je čas uvoľnenia tlaku 100 s. Doska neodpruží a vytvrdzuje po uvoľnení na rozdiel od iných modelov kontinuálneho horúceho lisovania (Heinemann et al., 2004).



Obr. 6: a) Schéma modelu nanášania PVAc lepidla na horúce triesky s implementáciou kontinuálneho procesu studeného lisovania, b) laboratórna simulácia procesu.

Celkové skrátenie lisovacieho cyklu je podmienené nie len skrátením ohrevu ale aj času chladienia, pretože v tomto prípade sa chladí koberec, ktorý je vyhriaty na 92 °C v celom svojom priereze. V prvom prípade (obr. 4) je teplota v priereze nerovnomerná. Aby sa densifikáciou a parným nárazom (Thoemen a Humphrey 2003) dosiahla požadovaná teplota v strede koberca min 90 °C, povrch dosky musí byť vyhriaty na teplotu vyššiu.



## ZÁVER

Uskutočnené skúšky kinetiky vytvrdzovania DTD pripravených technológiou studeného lisovania po horúcom stlačení koberca podľa PCT/SK2023/000007 s použitím PVAc lepidla, UF lepidla alebo ich kombinácie potvrdzujú možnosť vytvrdzovania DTD v čase po uvoľnení tlaku. Táto skutočnosť je umožnená ochladením pripravovanej DTD na teplotu pod 70 °C meranú v strede lisovaného koberca, kedy tvar drevných triesok je už stabilný a doska neodpružuje. Konečné fyzikálne a mechanické vlastnosti pripravených DTD sú na rovnakej úrovni a vyhovujú požiadavkám STN EN 312-3. Celková dĺžka lisovacieho cyklu pre studené lisovanie po horúcom stlačení koberca 140 s bola znížená na 100 s simuláciou kontinuálneho lisovania s nástrekom lepidla na horúce padajúce triesky o teplote 92 °C.

## LITERATÚRA:

- AVRAMIDIS, G., NOTHNICK, E., MILITZ, H., VIÖL, W., WOLKENHAUER, A., 2011: Accelerated curing of PVAc adhesive on plasma-treated wood veneers. *European Journal of Wood and Wood Products* 69: 329-332.
- BOUAJILA, J., DOLE, P., JOLY, C., LIMARE, A., 2006: Some laws of a lignin plasticization. *Journal of applied polymer science* 102: 1445-1451.
- CZARNECKI, R., DZIURKA, D., LECKA, J., 2003: The use of recycled boards as the substitute for particles in the centre layer of particleboards. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 6(2), 1.
- de Mets, A., 1981: Continuous operation press. US patent No. 4420299 A.
- EN 310, 1993: Wood-based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength.
- EN 312-3, 2010: Particleboards. Specifications.
- EN 319, 1993: Particleboards and fibreboards. Determination of tensile strength perpendicular to the plane of the board.
- HEINEMANN, C., MITTER, R., DUNKY, M., 2004: Thermokinetic simulation of a hot press cycle in the production of particleboard and MDF.
- HSE, CH.Y., FU, F., PAN, H., 2008: Melamine-modified urea formaldehyde resin for bonding particleboards. *Forest Products Journal* 58(4): 56-61.
- HUA, L.S., CHEN, L.W., GENG, B.J., KRISTAK, L., ANTOV, P., PEŹDIK, M., PIZZI, A., 2022: Particleboard from agricultural biomass and recycled wood waste: A review. *Journal of Materials Research and Technology* 20(4630-4658).
- IHNÁT, V., BORŮVKA, V., BABIAK, M., LŮBKE, H., SCHWARTZ, J., 2015: Straw pulp as a secondary lignocellulosic raw material and its impact on properties of insulating fiberboards. Part III. Preparation of insulated fiberboards from separately milled lignocellulosic raw materials. *Wood Research* 60(3): 441-450.
- IHNÁT, V., LUBKE, H., 2017: Waste agglomerated wood materials as a secondary raw material for chipboards and fibreboards. Part I: Preparation and characterization of wood chips in term of their reuse. *Wood Research*. Vol.62(1). Pp.45-56.
- IHNÁT, V., LŮBKE, H., RUSS, A., PAŽITNÝ, A., BORŮVKA, V., 2018: Waste agglomerated wood materials as a secondary raw material for chipboards and fibreboards. Part II: Preparation and characterization of wood fibers in term of their reuse. *Wood Research*. *Wood Research* 63(3): 431-442.
- IŽDINSKÝ, J., VIDHOLDOVÁ, Z., REINPRECHT, L., 2020: Particleboards from recycled wood. *Forests*11(11): 1166.
- IŽDINSKÝ, J., REINPRECHT, L., VIDHOLDOVÁ, Z., 2021: Particleboards from recycled pallets. *Forests*12(11): 1597.
- KROLL D., 2003: Kontinuierlichearbeitendepresse, DE, EP 000001435288 B1.
- KOEHLER J., 1995: Presse Zumkontinuierlichenherstellen von bahnfoermigempressgut, DD 000000236484 A5.
- THOEMEN, H., HUMPHREY, P.E., 2003: Modeling the continuous pressing process for wood-based composites. *Wood and Fiber Science*35(3): 456-468.
- WEINKOTZ, S., 2015: Method for producing multi-layered lignocellulose materials having a core with special properties and at least one upper and one lower cover layer, DE, WO 002016091797 A1.
- WEINKOTZ, S., 2011: Verfahren Zur Herstellung von Lignocellulose-Werkstoffen, DE,WO 002015104349 A2.





### **Pod'akovanie:**

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy číslo APVV-21-0500.

### **Adresy autorov:**

Ing. Henrich Ľubke  
Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s., úsek  
Slovenský drevársky výskumný ústav, Dúbravská  
cesta 14, 841 04 Bratislava, Slovenská republika  
e-mail: lubke@vupc.sk

Ing. Vladimír Ihnát, PhD.  
Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s., úsek  
Slovenský drevársky výskumný ústav, Dúbravská  
cesta 14, 841 04 Bratislava, Slovenská republika  
e-mail: ihnat@vupc.sk

Ing. Rastislav Čerešňa, Phd.  
Výskumný ústav papiera a celulózy, a.s., úsek  
Slovenský drevársky výskumný ústav, Dúbravská  
cesta 14, 841 04 Bratislava, Slovenská republika  
e-mail: ceresna@vupc.sk



## ZNÍŽENIE EMISIE FORMALDEHYDU Z DOSIEK NA BÁZE DREVA MODIFIKÁCIOU POLYKONDENZAČNÝCH UF LEPIDIEL

Ján Matyašovský – Igor Novák – Peter Jurkovič – Peter Duchovič – Ján Sedliačik

### Abstrakt:

V tejto štúdií bola problematika toxicity močovinoformaldehydových (UF) lepidiel riešená prípravou lepidlových zmesí s aplikáciou modifikovaného biopolyméru kolagén a minerálneho aditíva na báze kremičitanu, ktoré uvoľňovaný formaldehyd viažu vo vytvrdnutej živici, čím bola dosiahnutá znížená emisia formaldehydu. Vzorky modifikovaných kolagénov boli charakterizované elementárnou analýzou prvkov C, H, N, S prístrojom varioMACROcube. Emisie formaldehydu boli hodnotené exsikátorovou metódou podľa EN ISO 12460-4. Najvýraznejší pokles emisií fd až o 30,7 % bol dosiahnutý pri modifikácii Kolagénu 2 s jeho 3,0 % aplikáciou do UF lepidla. Kvalita lepenia bola hodnotená podľa noriem EN 314-1 a EN 314-2. Najvyššia šmyková pevnosť 3,5 MPa bola dosiahnutá pri vzorke Kolagén 2 s jeho 1,0 % aplikáciou do UF lepidla. Testované vzorky môžu mať veľký potenciál pre aplikáciu ako lapače formaldehydu.

**Kľúčové slová:** kolagén, UF lepidlo, modifikátor, preglejovaná doska, emisia formaldehydu

### ÚVOD

Spracovanie dreva a drevnej hmoty lepením je jednou z hlavných technologických operácií. Lepením je možné získať nové drevárske produkty – veľkoplošné lepené materiály – ako napr. drevotrieskové (DTD) a drevovláknité dosky (MDF), preglejky, latovky, ktorých výroba umožňuje ekonomicky využiť sekundárne zdroje drevnej suroviny. Vhodnou kombináciou materiálov na báze dreva a lepidiel sa vytvára moderný ekologický materiál, ktorý svojimi parametrami zodpovedá nárokom moderného človeka. Približne 95 % všetkých lepidiel na drevo, ktoré sa používajú v drevených kompozitoch je na báze formaldehydu. Močovinoformaldehydové (UF) živice sú najpoužívanejšími lepidlami v kompozitoch na báze dreva a predstavujú približne 85 % z celkového objemu výrobkov na celom svete (Park a Kim 2008, Costa a kol. 2013a). Priemyselná dominancia UF živíc s odhadovanou ročnou spotrebou približne 11 miliónov ton na celom svete (Kumar a Pizzi 2019) je spôsobená ich vysokou reaktivitou, vynikajúcimi adhéznymi vlastnosťami, miešateľnosťou s vodou, pomerne nízkymi teplotami vytvrdzovania, krátkym časom lisovania, jednoduchou manipuláciou, relatívne nízkymi nákladmi, odolnosťou voči mikroorganizmom (Dunky 2003, Frihart 2012, Maminski a kol. 2006). Formaldehyd (fd) je toxická plynná látka, jeho uvoľňovanie, hlavne z nábytkových dosiek nepriaznivo ovplyvňuje dýchací systém, oči, kožu, genetický materiál a má silný účinok na centrálnu nervovú sústavu (Příhoda 1988). Na stanovenie jeho emisií z lepených drevených výrobkov sa používajú rôzne metódy napr. komorová metóda, perforátor, exsikátorová metóda, fľašková metóda. Referenčnou metódou stanovenia emisie formaldehydu je komorová skúška podľa STN EN 717-1, alebo v praxi požadovaná americká norma ASTM D 6007-02. Sekundárnymi metódami stanovenia sú STN EN 717-2, zisťovanie uvoľneného formaldehydu metódou analýzy plynov“, EN ISO 12460-5 extrakčný postup „perforátorová metóda“, a exsikátorová metóda podľa EN ISO 12460-4. Kvalita lepenia bola testovaná podľa STN EN 314-1 a STN EN 314-2. Výskum modifikácií lepidiel je zameraný na využitie produktov, ktoré



sú ľahko dostupné a ich aplikácia šetrí náklady na výrobu živice. Na trhu je veľké množstvo biopolymérov, ktoré je možné použiť ako druhotnú surovinu na úpravu lepidiel s cieľom zachovať a/alebo zvýšiť kvalitu lepidiel a tiež lepených spojov (Pünterer 1995, Buljan a kol. 1997, Matyašovský a kol. 2011).

Aplikácia kolagénu pripraveného z dechrómovaného kožiarskeho odpadu do UF lepidiel potvrdila výrazné zníženie emisií formaldehydu z dosiek na báze dreva, zvýšenú odolnosť lepených materiálov voči vode a vyhovujúce pevnostné vlastnosti lepených spojov v šmyku. Proteíny extrahované z odpadov kožiarskej výroby, ktoré sú známe svojou reaktivitou s formaldehydom môžu byť použité ako modifikujúce aditíva. Langmaier a kol. (2005) neizotermickou gravimetriou študovali kinetiku kondenzácie dimetylol-močoviny s močovinou a s enzymaticky pripraveným hydrolyzátom kolagénu. Zistili, že prídavok kolagénu znižuje rýchlosť tvorby nestabilných dimetyléterových priečných väzieb v prospech stabilnejších metylénových väzieb.

Ďalšou prírodnou surovinou široko používanou v rôznych priemyselných odvetviach sú prírodné minerálne nanoplňivá napr. zeolit, bentonit a pod. Možnosť ich použitia na znižovanie emisií formaldehydu po modifikácii je určená komplexom jedinečných vlastností, pričom často sú skúmané najmä ich adsorpčné vlastnosti. Pevnosť lepeného spoja priamo závisí od odolnosti proti vlhkosti. Vhodnou úpravou lepiacich zmesí je možné dosiahnuť lepšie zosieťovanie štruktúry vytvrdeného lepidla, zvýšenie stabilných metylénových chemických väzieb a zníženie hydrolyzy lepidla (Šmidriaková a kol. 2011).

Wang a Pizzi (1997) skúmali modifikáciu UF lepidiel succinaldehydom a zistili zvýšenú odolnosť spojov voči vode. Zhang a kol. (2010) zistili, že UF živicu s nízkym molárnym pomerom zložiek (1,00) je možné vhodnými modifikátormi upraviť tak, aby mala znížený obsah voľného formaldehydu a vyššiu odolnosť voči vode. FTIR spektroskopiou skúmali vplyv množstva modifikujúcich látok na charakter vytvrdeného lepidla.

## MATERIÁL A METODIKA

V experimentálnej práci bol ako štandard aplikovaný KRONORES CB 1639F (UF lepidlo) a tvrdivo VIPO a.s. Partizánske pripravené podľa úžitkového vzoru SR: číslo prihlášky: 133-2022 s názvom: Prípravok na znižovanie emisií formaldehydu pri výrobkoch drevárskeho priemyslu.

### Popis a označenie pripravených vzoriek:

1. Kolagén 1 – zmes (10% kolagénový prášok, pripravený z bravčových koží – modifikovaný 1 hod pri teplote 120 °C sírnym aditívom 90%).
2. Kolagén 2 – zmes (30% kolagénový prášok, pripravený z bravčových koží – modifikovaný 1 hod pri teplote 120 °C sírnym aditívom 70%).
3. Kolagén 3 – zmes (70% kolagénový prášok, pripravený z bravčových koží – modifikovaný 1 hod pri teplote 120 °C sírnym aditívom 30%).
4. Kolagén 4 – zmes (90% kolagénový prášok, pripravený z bravčových koží – modifikovaný 1 hod pri teplote 120 °C sírnym aditívom 10%).

### Zloženie testovaných UF lepidlových zmesí s aplikáciou kolagénu:

0 – Referenčná – 100% UF živica KRONORES CB 1639F + 20% technická múka + 5% tužidlo DAM 390 – s obsahom 30% dusíka s pomerom amónneho, dusičnanového a amidického dusíka 1:1:2 = (7,5%:7,5%:15%), (výrobca Duslo Šaľa).



**Vzorky č. 1 - 3:** 100% UF živica + (19,5; 19,0; 17,0)% technická múka + (0,5;1,0; 3,0)% – Kolagén 1 + 5% tvrdivo VIPO,

**Vzorky č. 4 - 6:** 100% UF živica + (19,5; 19,0; 17,0)% technická múka + (0,5;1,0; 3,0)% – Kolagén 2 + 5% tvrdivo VIPO,

**Vzorky č. 7 - 9:** 100% UF živica + (19,5; 19,0; 17,0)% technická múka + (0,5;1,0; 3,0)% – Kolagén 3 + 5% tvrdivo VIPO,

**Vzorky č. 10 - 12:** 100% UF živica + (19,5; 19,0;17,0)% technická múka + (0,5;1,0; 3,0)% – Kolagén 4 + 5% tvrdivo VIPO

### **Metódy testovania:**

#### **Elementárna analýza prvkov C, H, N, S na prístroji varioMACROcube:**

Elementárna analýza bola uskutočnená elementárnym analyzátorom Vario Macro Cube od Elementar Analysensysteme GmbH (Hanau, Nemecko). Kalibrácia prístroja sa uskutočnila s použitím sulfanilamidu ako štandardu. Bol použitý modul CHNS (uhlík, vodík, dusík a síra) s teplotou spaľovacej trubice 1150 °C a teplotou redukčnej trubice 850 °C.

#### **Kvalita lepenia bola testovaná podľa nasledovných noriem:**

- STN EN 314-1: 2005. Preglejované dosky. Kvalita lepenia. Časť 1: Skúšobné metódy.
- STN EN 314-2: 1998. Preglejované dosky. Kvalita lepenia. Časť 2: Požiadavky.

Na stanovenie fyzikálno-mechanických vlastností boli pripravené trojvrstvové dosky za nasledovných podmienok: tlak 1,8 MPa, teplota 105 °C, čas 5 min. Dosky boli klimatizované v klimatizovaných priestoroch pri teplote prostredia  $20 \pm 2$  °C a relatívnej vlhkosti  $65 \pm 5$  %. Metodika predbežnej prípravy vzoriek preglejovaných dosiek s následnou šmykovou skúškou pre triedu lepenia 1:

- ponorenie telies vo vode 20 °C na 24 hodín,
- zaťaženie konštantnou rýchlosťou,
- porušenie po  $30 \pm 10$  sekundách,
- sila s presnosťou na 1 N,
- pevnosť v šmyku s presnosťou na  $\pm 0,01$  MPa.

#### **Emisie formaldehydu:**

Na stanovenie emisií formaldehydu bola pripravená päť vrstvová preglejka z dyhy buka (*Fagus sylvatica*) za nasledujúcich podmienok: tlak 1,8 MPa, teplota 105 °C, čas lisovania 6 min. Vzorky boli klimatizované pri teplote  $20 \pm 2$  °C a relatívnej vlhkosti  $65 \pm 5$  °C počas 7 dní.

Testovacia metóda JIS A 1460 (2001). Stavebné dosky. Stanovenie emisií formaldehydu. Exsikátorová metóda.

Objem exsikátora: 9 - 11 dm<sup>3</sup>

Koeficient zaťaženia: 1800 cm<sup>2</sup>

Teplota:  $20 \pm 0,5$  °C

Trvanie testu: 24 h

Analytická metóda: acetylacetonová metóda so spektrofotometrickým vyhodnotením. Pomocou spektrofotometra UviLine SI 5000 pri vlnovej dĺžke 412 nm.



## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vzorky boli charakterizované elementárnou analýzou prvkov C, H, N, S na prístroji varioMACROcube od firmy ELEMENTAR. Inertná atmosféra zariadenia bola zabezpečená vysokočistým héliom 4.6 a spaľovacia atmosféra čistým kyslíkom 4.5. Záznam meraní bol zberaný PC so softvérovým vybavením varioMACROcube Software, v ktorom boli taktiež merania vyhodnotené.

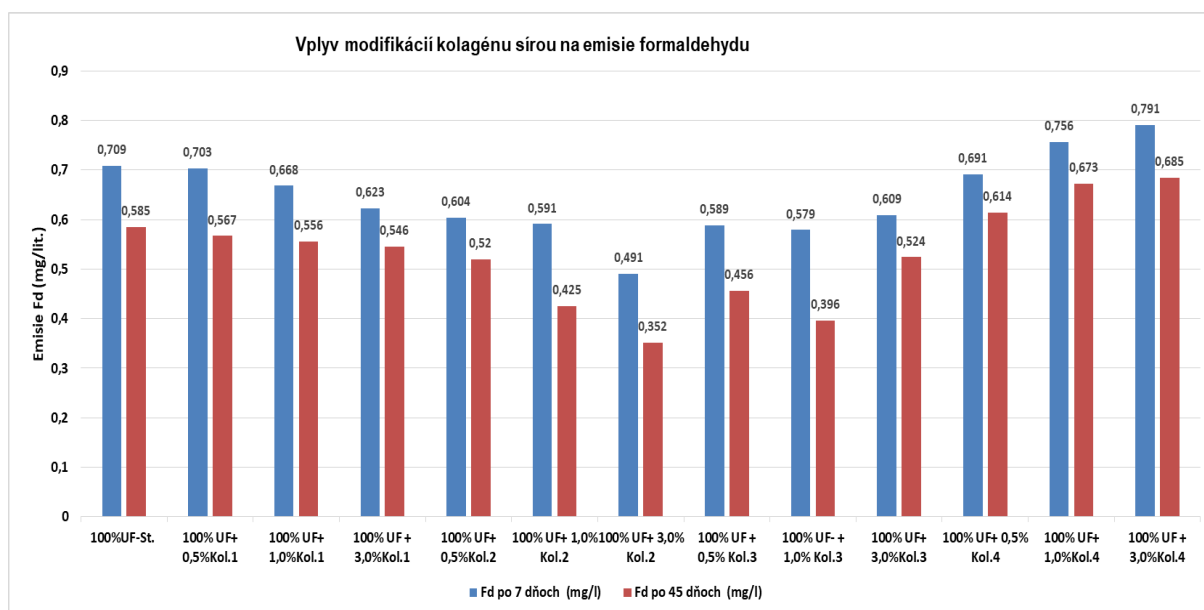
**Tabuľka 1. Stanovenie elementárnych prvkov N, C a S v (%) vo vzorkách kolagénov**

Vzorka	N (%)		C (%)		S (%)	
A - Kolagén 1	1,75	<b>1,72 %</b>	4,65	<b>4,59 %</b>	93,71	<b>94,65 %</b>
B - Kolagén 1	1,72		4,55		95,26	
C - Kolagén 1	1,68		4,58		95,01	
A - Kolagén 2	4,94	<b>4,97 %</b>	13,18	<b>13,38 %</b>	73,27	<b>73,15 %</b>
B - Kolagén 2	4,97		13,41		72,96	
C - Kolagén 2	5,00		13,57		73,23	
A - Kolagén 3	9,62	<b>9,67 %</b>	46,71	<b>46,6 %</b>	36,54	<b>36,64 %</b>
B - Kolagén 3	9,70		46,44		36,84	
C - Kolagén 3	9,69		46,65		36,56	
A - Kolagén 4	9,12	<b>14,2 %</b>	55,71	<b>55,63 %</b>	12,54	<b>12,64 %</b>
B - Kolagén 4	9,40		55,54		12,84	
C - Kolagén 4	9,24		55,65		12,56	

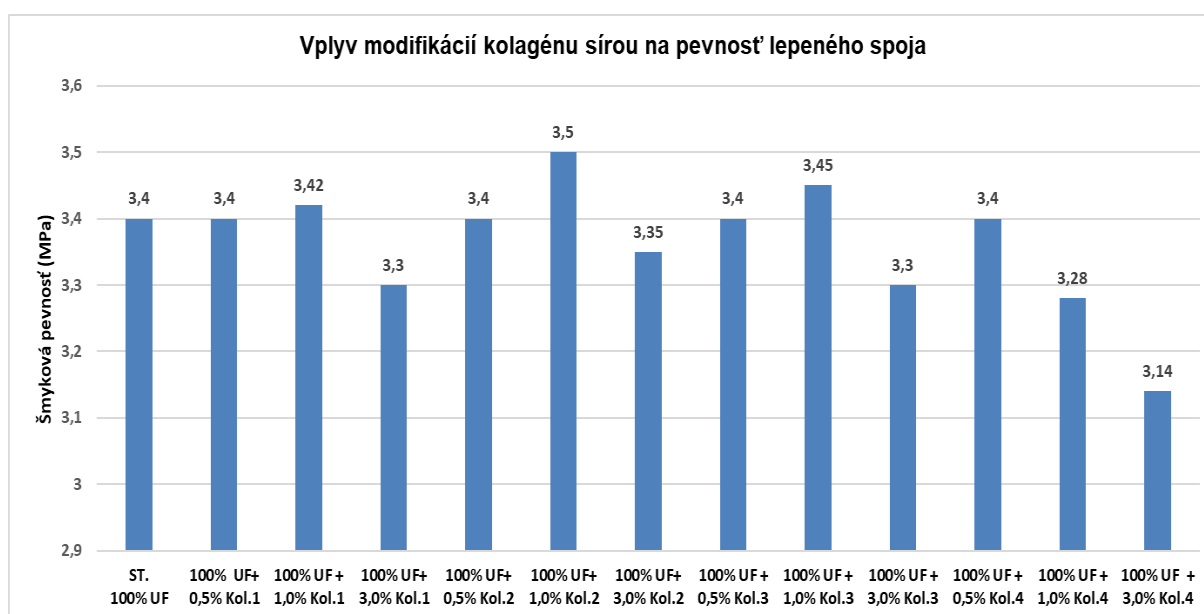
### **Vlastnosti preglejovaných dosiek z dyhy buka (*Fagus sylvatica*)**

Namerané hodnoty emisií fd testovaných vzoriek lepiacich zmesí UF lepidla sú graficky znázornené na obr. 1 a potvrdili pokles emisií formaldehydu najmä pri kolagénových aditívach 2 a 3 v porovnaní s referenčnou. Najvýraznejší pokles emisií fd až o 30,7% stanovený po 7 dňoch bol dosiahnutý pri modifikácii Kolagénu 2 – vzorka bola pripravená jeho aplikáciou 3,0 % do UF lepidlovej zmesi. Najvýraznejší pokles emisií fd až takmer o 40% stanovený po 5 týždňoch bol dosiahnutý tiež pri modifikácii Kolagénu 2 – vzorka bola pripravená jeho aplikáciou 3,0 % do UF lepidlovej zmesi a pri vzorke Kolagén 3 – vzorka bola pripravená aplikáciou 1,0% vzorky do UF lepidlových zmesí. Kvalita lepenia bola testovaná podľa triedy lepenia 1 a je znázornená na obr. 2.





**Obr. 1. Výsledky emisie formaldehydu exsikátorovou metódou**



**Obr. 2. Šmyková pevnosť preglejok**

Najvyššia šmyková pevnosť 3,5 MPa bola dosiahnutá pri vzorke Kolagén 2 – vzorka bola pripravená aplikáciou 1,0% koncentracii kolagénu 2 do UF zmesi. Európska norma EN 314-2 požaduje hodnotu šmykovej pevnosti lepeného spoja 1,0 MPa a všetky pripravené vzorky vysoko prekračujú toto požadované minimum. Testované preglejované dosky sú vhodné pre triedu lepenia 1 – sú vhodné na použitie v normálnom vnútornom prostredí.

### Testovanie emisií formaldehydu z preglejovaných dosiek pripravené na TU Zvolen:

**Referenčná vzorka 0:** 100% UF-TS-101 + 20% Tvrdivo na báze zeolitu. UF lepidlo od fy. Dynea je štandardne používané vo firme BEKER Prešov – sušina 69%, pH 7,15 spolu s tvrdidlom na báze zeolitu – sušina 16%, pH 7,5.

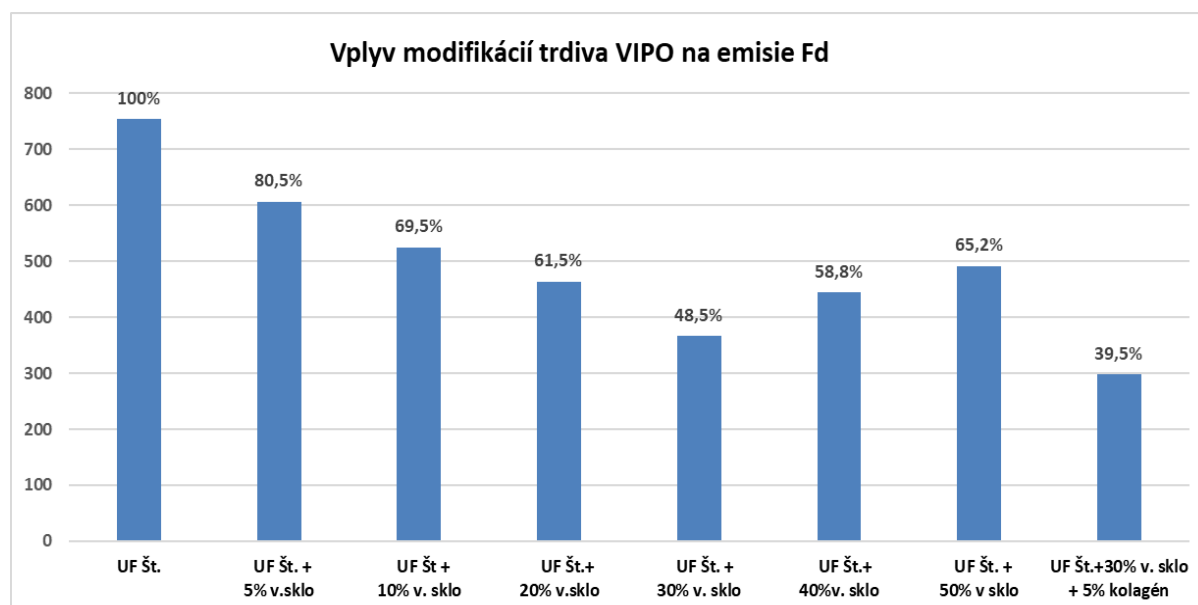


Na znižovanie emisií fd boli aplikované aktivátory polykondenzácie na báze kremičitanu a kolagénu pripravené vo VIPO a.s. Emisie fd referenčnej preglejky boli porovnávané s parametrami emisií dosiahnutými aplikáciou aktivátorov VIPO.

### 100% Referenčná vzorka + aplikácia 2,0% (Tvrdivo VIPO + aktivátor č):

1. Tvrdivo VIPO + 5% vodné sklo,
2. Tvrdivo VIPO + 10% vodné sklo,
3. Tvrdivo VIPO + 20% vodné sklo,
4. Tvrdivo VIPO + 30% vodné sklo,
5. Tvrdivo VIPO + 40% vodné sklo,
6. Tvrdivo VIPO + 50% vodné sklo,
7. Tvrdivo VIPO + 30% vodné sklo + 5% **kolagén 2** – zmes (30% kolagénový prášok, pripravený z bravčových koží - modifikovaný 1 hod pri teplote 120 °C sírnym aditívom 70%).

Vplyv modifikácií tvrdiva na emisie Fd je znázornený na obr. 3.



Obr. 3 Vplyv modifikácií tvrdiva VIPO + aktivátory na emisie Fd

Namerané hodnoty emisií fd testovaných preglejovaných dosiek vyjadrené v % sú graficky znázornené na obrázku 3 a potvrdili pokles emisií formaldehydu pri všetkých aditívach v porovnaní s referenčnou. Najvýraznejší pokles emisií fd až o **60,5%** bol dosiahnutý pri modifikácii vzorky č. 7 – 100% UF živica + 20% tvrdivo na báze zeolitu (tvrdivo firmy Beker) + 2,0% (Tvrdivo VIPO + aktivátor 7 + kolagén).

## ZÁVER

- Problematika emisie formaldehydu z preglejok lepených UF lepidlom KRONORES CB 1639F bola riešená testovaním lepidlových zmesí aplikáciou modifikovaného biopolyméru kolagén sírnym aditívom pri teplote 120 °C a minerálneho aditíva na báze kremičitanu:
- Namerané hodnoty potvrdili pokles emisií formaldehydu pri všetkých aditívach v porovnaní s referenčnou. Najvýraznejší pokles emisií fd až o 30,7% stanovený po 7 dňoch bol



dosiahnutý pri modifikácii Kolagénu 2 – vzorka bola pripravená jeho aplikáciou v množstve 3,0 % do UF lepidlovej zmesi. Najvýraznejší pokles emisií fd až takmer o 40% stanovený po 5 týždňoch bol dosiahnutý tiež pri modifikácii Kolagénu 2 – vzorka pripravená jeho aplikáciou v množstve 3,0 % do UF lepidlovej zmesi.

- Testované preglejované dosky sú vhodné pre triedu lepenia 1 – sú vhodné na použitie v normálnom vnútornom prostredí. Najvyššia šmyková pevnosť 3,5 MPa bola dosiahnutá pri vzorke Kolagén 2 – vzorka bola pripravená aplikáciou 1,0 % koncentracii kolagénu 2 do UF zmesi. Európska norma EN 314-2 požaduje hodnotu šmykovej pevnosti lepeného spoja 1,0 MPa a všetky pripravené vzorky vysoko prekračujú toto požadované minimum.
- Na znižovanie emisií fd boli ďalej aplikované aktivátory polykondenzácie na báze kremičitanu a aj kolagénu pripravené vo VIPO, a.s. Namerané hodnoty emisií fd testovaných preglejovaných dosiek vyjadrené v % potvrdili pokles emisií formaldehydu pri všetkých takto upravených vzorkách v porovnaní s referenčnou. Najvýraznejší pokles emisií fd až o **60,5 %** bol dosiahnutý pri modifikácii vzorky č. 7 – 100% UF živica + 20% (tvrdivo Beker) + 2% (Tvrdivo VIPO + aktivátor 7 s kolagénom).

## LITERATÚRA:

- COSTA, N.A.D., PEREIRA, J., FERRA, J., CRUZ, P., MARTINS, J., MAGALHAES, F.D., MENDES, A., CARVALHO, L.H. (2013a) Scavengers for Achieving Zero Formaldehyde Emission of Wood-Based Panels. *Wood Sci. Technol.* 47, 1261–1272. <https://doi.org/10.1007/s00226-013-0573-4>.
- DUNKY, M. (2003) Adhesives in the wood industry. Chapter 47 In A. Pizzi, K. L. Mittal (eds.) *Handbook of Adhesive Technology* (New York: Marcel Dekker), pp. 872–941.
- FRIHART, C. (2012) Wood Adhesion and Adhesives. In Rowell, R.M. (Ed.) *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. 10.1201/b124 87–13.
- KUMAR, R.N., PIZZI, A. (2019) Urea-Formaldehyde Resins. In *Adhesives for Wood and Lignocellulosic Materials*; Wiley-Scrivener Publishing: Hoboken, NJ, USA, pp. 61–100.
- MAMINSKI, M.L., PAWLICKI, J., PARZUCHOWSKI, P. (2006) Improved water resistance and adhesive performance of a commercial UF resin blended with glutaraldehyde. *The Journal of Adhesion* 82, p. 629–641.
- PARK, B.D., KIM, J. (2008) Dynamic Mechanical Analysis of Urea-Formaldehyde Resin Adhesives with Different Formaldehyde-to-Urea Molar Ratios. *J. Appl. Phys.*, 108, 2045–2051.
- Langmaier F., Kolomazník K., Mládek M., Šivarová J. (2005). Curing urea-formaldehyde adhesives with hydrolysates of chrome-tanned leather waste from leather production. In *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2005, 25, p. 101–108.
- PŘÍHODA P., JECH L. 1988. Hygienické aspekty problematiky formaldehydu unikajícího z výrobků dřevospracujícího průmyslu. In *Syntema – Chemizace dřeva průmyslu*. Dom techniky ČSVTS Brno. 1988, p. 45–53.
- STN EN 717-1: 2005: Dosky na báze dreva. Zisťovanie uvoľnenia formaldehydu. Časť 1: Emisia formaldehydu zisťovaná komorovou metódou.
- STN EN 717-2: 1998 „Dosky na báze dreva. Zisťovanie uvoľňovania formaldehydu. Časť 2: Zisťovanie uvoľneného formaldehydu metódou analýzy plynov“.
- STN EN ISO 12460-4. Dosky na báze dreva. Stanovenie emisie formaldehydu. Časť 4: Exsikátorová metóda.
- STN EN ISO 12460-5. Dosky na báze dreva. Stanovenie uvoľňovania formaldehydu. Časť 5: Extrakčný postup (zvaný „perforátorová metóda“).
- ASTM D 6007-02 „Standard test method for determining formaldehyde concentration in air from wood products using a small scale chamber“.
- STN EN 314-1: 2005. Preglejované dosky. Kvalita lepenia. Časť 1: Skúšobné metódy.
- STN EN 314-2: 1998. Preglejované dosky. Kvalita lepenia. Časť 2: Požiadavky.
- PÜNTNERER A., 1995: The Ecological challenge of producing leather. *JALCA* 90, 206-215.
- BULJAN J. et al. 1997: Mass balance in leather processing. *Proceedings of the Centenary Congress of the IULCS*, London, 138–156.



MATYAŠOVSKÝ J. et al. 2011: De-chroming of Chromium Shavings without Oxidation to Hazardous Cr<sup>6+</sup>. JALCA 106, 8–17.

ŠMIDRIAKOVÁ, M. et al. 2011: Prírodné polyméry na báze modifikovaného kolagénu ako čiastočná náhrada UF lepidla. In Adhesives in Woodworking Industry. Zvolen, p.14–20.

WANG S., PIZZI A. 1997. Succinaldehyde-induced water resistance improvements of UF wood adhesives. In Holz Roh-Werkst 55, p. 9–12.

ZHANG, S.F. et al. 2010. Study on properties of modified low molecular ratio urea-formaldehyde resins(I). In Advanced Material Research. 2010, 113-116, p. 2016–2010.

### **PodĎakovanie:**

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmlúv č. APVV-18-0378, APVV-20-0159 a APVV-22-0238.

### **Adresa:**

Ing. Ján Matyašovský, PhD.  
Ing. Peter Jurkovič  
Ing. Peter Duchovič  
VIPO a.s., Partizánske,  
Gen. Svobodu 1069/4,  
958 01 Partizánske,  
Slovakia  
mobil: +421 918713084  
e-mail: jmatyasovsky@vipo.sk

Ing. Igor Novák, PhD.  
Ústav polymérov,  
Slovenská akadémia vied,  
Dúbravská cesta 9,  
845 41 Bratislava 45

Prof. Ing. Ján Sedliačik, PhD.  
Drevárska fakulta,  
Technická univerzita,  
Katedra nábytku a drevárskych  
výrobkov  
T.G.Masaryka 24,  
960 01 Zvolen



## VYLAHČENÉ DREVNÉ MATERIÁLY NA BÁZE DÝH

Marek Vojtkuliak – Patrik Halčín

### Abstrakt:

Nábytok kladie vysoké požiadavky na materiály používané pri jeho výrobe. Dôležitým ukazovateľom kvality nábytku je hmotnosť, čoho dôkazom je používanie ďalších vyľahčených drevných materiálov ako sú voštinové dosky alebo vyľahčené drevotrieskové dosky. Práca sa zaoberá vývojom vyľahčených drevných materiálov na báze dýh. Hlavným cieľom práce je navrhnúť ľahčený materiál na báze dýh z bukoveho dreva, ktorého vlastnosti budú vyhovovať pevnostným a ekologickým požiadavkám súčasnej nábytkárskej výroby. Pre splnenie cieľa je potrebné vyrobiť sedemvrstvové preglejované dosky, pri ktorých lepení sa používa PVAC lepidlo v dvoch úpravách – nenapenené a napenené. Zistovali sme vyľahčenie preglejok a vybrané mechanické vlastnosti ako sú, pevnosť v ohybe a modul pružnosti v ohybe.

**Kľúčové slová:** preglejovaná doska, vyľahčenie, pevnosť v ohybe, modul pružnosti v ohybe

### ÚVOD

Drevo je najstarší prírodný materiál, ktorý ľudia odpradáva používajú a jeho používanie je neodmysliteľnou súčasťou života do dnes. Jedná sa o obnoviteľnú a pri správnom hospodárení prakticky nevyčerpatelnú surovinu. Je to materiálom s významnými prednosťami, medzi ktoré patrí – ľahká opracovateľnosť, pomerne nízka objemová hmotnosť. K ďalším prednosťami môžeme zaradiť aj nízku ekologickú náročnosť, estetický vzhľad a v neposlednom rade aj dobré pevnostné a tepelno-izolačné vlastnosti.

Na rozdiel od iných materiálov drevo predstavuje pevný a zároveň ľahký materiál, schopný znášať pomerne veľké mechanické zaťaženia. Taktiež má vynikajúce rezonančné vlastnosti a preto nachádza uplatnenie aj pri výrobe hudobných nástrojov. Drevo však disponuje aj negatívnymi vlastnosťami, ktoré významne ovplyvňujú jeho použitie. Nerovnorodá štruktúra, anizotropia, rozmerové zmeny spôsobené vlhkosťou, náchylnosť na napadnutie drevokazným hmyzom alebo hubami, či horľavosť patria k hlavným nedostatkom masívneho dreva. Spomínané nedostatky vieme vďaka zdokonaľovaniu poznatkov a technológii v značnej miere eliminovať tvorbou kompozitných materiálov, ktoré patria k neoddeliteľnej súčasťi v oblasti spracovania dreva (Čunderlík, 2009).

Kompozitný materiál je vlastne materiálový systém, ktorý sa skladá minimálne z dvoch zložiek, kde aspoň jedna zložka je tuhá. Tento materiál musí dosahovať také vlastnosti, ktoré nedosiahne žiadna z použitých zložiek samostatne (Mahút *et. al.*, 2007). Najpoužívanejšie kompozitné materiály pri výrobe nábytku v súčasnosti sú – trieskové dosky, vláknité dosky, preglejky, dosky z orientovaných triesok (Böhm, 2012). Postupom času sa požiadavky na vlastnosti kompozitných materiálov menili. Čoraz väčšia dôležitosť sa kladie na ekológiu a zdravotnú nezávadnosť, možnosť recyklácie, ale aj znižovanie hmotnosti.

Z ekologického, environmentálneho, ale aj ekonomického hľadiska musíme klásť dôraz aj na šetrenie drevnej suroviny a preto sa musí riešiť vývoj vyľahčených drevných materiálov, resp. vyľahčených drevných kompozitných materiálov. Ľahčené materiály sú zväčša tzv. sendvičovej skladby, ktorá umožňuje kombináciu rozličných materiálov vo vrstvách a tým zároveň vytvárajú priestor pre vyľahčenie alebo inú modifikáciu vlastností.



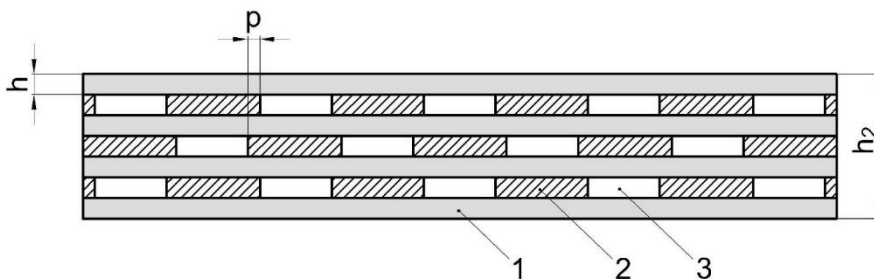


Cieľom práce je skúmanie vybraných vlastností novonavrnutých vyľahčených vrstvitých drevných materiálov na báze dýh. Základnou podstatou práce je navrhnuť nové konštrukcie vyľahčených preglejok, ktoré spočívajú v rozvrhnutí a stanovení veľkostí vzduchových medzier (otvorov) vo vybraných vrstvách preglejovaného materiálu. V porovnaní s plnými, štandardnými preglejkami, účel navrhnutých konštrukcií spočíva v dosiahnutí maximálneho vyľahčenia (dosiahnutie minimálnej novej hmotnosti) pri dosiahnutí maximálneho objemu celistvého prierezu. Na skúšobných telesách vymanipulovaných z vytvorených prírezov sa budú určovať základné ohybové charakteristiky, konkrétne pevnosť v ohybe a modul pružnosti v ohybe.

Vyľahčenie preglejovaného materiálu spočívalo v zmene štruktúrneho usporiadania dýh v konštrukcii. V pozdĺžnych vrstvách preglejovanej dosky boli celistvé bukové dyhy a priečnych vrstvách boli medzi dyhovými pásmi zakomponované vzduchové medzery.

## METODIKA

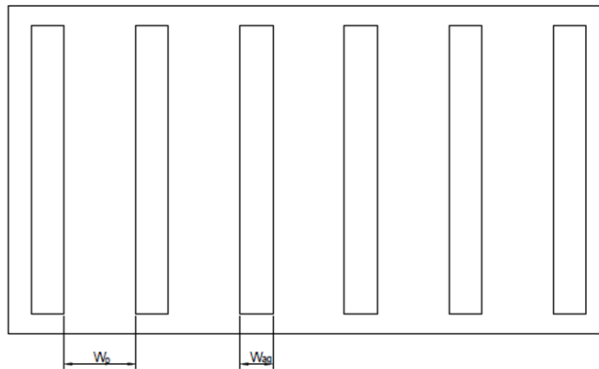
Súbor vyľahčenej preglejovanej dosky sa skladal z pozdĺžnych nevyľahčených vrstiev a z priečnych vyľahčených vrstiev. Jednotlivé vrstvy tvorili dyhy hrúbky 2 mm z dreveniny buk. Tieto vrstvy sa navzájom striedali pričom prvá a posledná vrstva bola nevyľahčená. Vo vyľahčenej vrstve sa striedali pásy bukovej dyhy a vzduchové medzery. Striedaním nevyľahčenej – celistvej a vyľahčenej vrstvy bola vytvorená sedemvrstvová preglejka. Pripravili sme 2 rôzne konštrukcie preglejok s rozdielnou orientáciou vzduchových medzier vzhľadom na priebeh vlákien. Vzduchové medzery boli široké 50 mm a boli usporiadané nad sebou striedavo. Šírka plných miest vo vyľahčenej vrstve bola 110 mm a prekrytie (preloženie) bolo 30 mm (obr.1).



**Obr. 1: Konštrukcia vyľahčenej preglejky.**

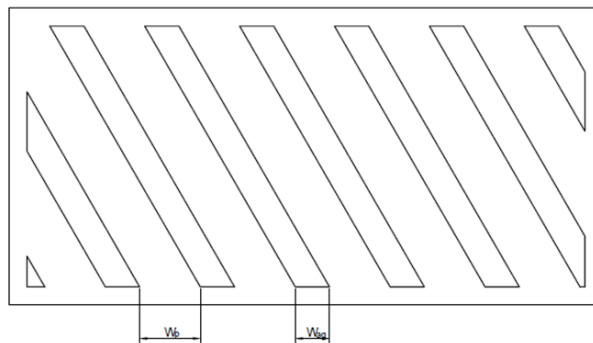
**h** – hrúbka dyhy (2 mm); **h<sub>2</sub>** – celková hrúbka vyľahčenej preglejky (cca 14 mm); **1** – pozdĺžna dyha; **2** – priečna dyha (šírka 110 mm); **3** – vzduchová medzera (šírka 50 mm); **p** – prekrytie (preloženie) priečných dýh (30 mm)

Vyľahčenie v dyhách bude prevedené tak, ako je zobrazené na nasledujúcich obrázkoch (obr. 2, 3). Orientácia vlákien, ako aj orientácia vzduchových medzier bude vždy rovnobežná s kratšou stranou dyhy. To znamená, že otvory budú orientované rovnobežne s vláknami dyhy. Budeme vyrábať 2 druhy ľahčených vrstiev, kedy sa bude meniť uhol vzduchovej medzery. Šírka vzduchovej medzery  $W_{ag}$  bude predstavovať 50 mm a šírka plných miest sa bude rovnať 110 mm.



**Obr. 2:** Vyľahčenie dyhy – rovnobežne s vláknami

Ďalším variantom vyľahčenia bude orientácia vyľahčení pod uhlom  $45^\circ$  vzhľadom na kratšiu stranu formátu.



**Obr. 3:** Vyľahčenie dyhy – pod uhlom  $45^\circ$

Ako spojovací materiál bolo použité disperzné lepidlo (PVAC) triedy D3. Veľkosť nánosu bola  $200 \text{ g/m}^2$ . U vyľahčených dosiek s orientáciou vzduchových medzier pod uhlom  $45^\circ$  a taktiež pri plných (referenčných) doskách bolo použité aj napenené lepidlo, ktorého nános bol  $160 \text{ g/m}^2$ . Napenením sa objem lepidla zväčšil o 30 %. Lepidlo bolo nanášané na celistvé vrstvy preglejkového súboru. Smer vlákien vyľahčených vrstiev bol kolmý na smer vlákien v celistvých vrstvách. Pripravený súbor bol zlisovaný v jednoetážovom lise za studena, tj. pri teplote  $18 \div 20 \text{ }^\circ\text{C}$  a lisovacím tlakom  $1,0 \text{ MPa}$ . Pre porovnanie vlastností bola pripravená nevyľahčená preglejovaná doska z dýh rovnakej hrúbky, ako preglejovaná doska vyľahčená. Nános lepidla bol použitý zhodný ako v prípade vyľahčenej preglejovanej dosky. Vyrobené preglejované dosky mali rozmer  $L = 1000 \text{ mm} \times B = 400 \text{ mm} \times H = 14 \text{ mm}$ . Po vylisovaní sa preglejované dosky klimatizovali v bežných laboratórnych podmienkach, pri teplote vzduchu cca  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 2 mesiacov. Z vyrobených preglejovaných materiálov sme vymanipulovali skúšobné telesá pre skúmanie vybraných vlastností.

Z hľadiska možnosti uplatnenia navrhnutého vyľahčeného preglejovaného materiálu v nábytkových konštrukciách bolo potrebné overiť zníženie jeho hmotnosti, hustoty, pevnostné a pružnostné vlastnosti v ohybe. Pri overovaní vybraných vlastností boli uplatnené postupy podľa platných technických noriem. Podľa všeobecného vzťahu (1) bola stanovená **hustota** vyľahčenej preglejovanej dosky:



$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}] \quad (1)$$

kde:  $\rho$  – hustota [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]  
 $m$  – hmotnosť [kg]  
 $V$  – objem [ $\text{m}^3$ ]

**Pevnosť v ohybe** a modul pružnosti v ohybe pri jednoosovom zaťažení bola zisťovaná podľa STN EN 310. Pevnosť v ohybe ( $\sigma_o$ ) bola vypočítaná podľa vzťahu (2) a modul pružnosti ( $E_o$ ) podľa vzťahu (3).

$$\sigma_o = \frac{3 \cdot F_{\max} \cdot l_o}{2 \cdot b \cdot h^2} \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

kde:  $F_{\max}$  – sila pri porušení skúšobného telesa [N],  
 $l_o$  – vzdialenosť podpier –  $l_o = 20 \cdot h$  [mm],  
 $b$  – šírka skúšobného telesa [mm],  
 $h$  – hrúbka skúšobného telesa [mm]

**Modul pružnosti v ohybe:**

$$E_o = \frac{(F_{40} - F_{10}) \cdot l_o^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot (y_{40} - y_{10})} \quad [\text{MPa}] \quad (3)$$

kde:  $F_{40}$  – 40% z maximálnej sily [N],  
 $F_{10}$  – 10% z maximálnej sily [N],  
 $y_{40}$  – priehyb odpovedajúci sile  $F_{40}$  [mm]  
 $y_{10}$  – priehyb odpovedajúci sile  $F_{10}$  [mm],

Pri hodnotení vlastností vyľahčených preglejok sme sa zamerali na vzťah vyľahčenia, veľkosti vzduchovej medzery a lepenej plochy na sledované mechanické vlastnosti.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Hustota

V nasledujúcej časti je vyhodnotená hustota preglejok, t.j. formátov z ktorých sa vyrábali skúšobné telesá. Z porovnania hustôt referenčných a vyľahčených preglejok vyplýva percento vyľahčenia. Pred samotnými skúškami preglejovaných dosiek sme zisťovali úbytok hmotnosti a tým zároveň zníženie hustoty nami navrhnutých vyľahčených preglejovaných dosiek oproti nevyľahčeným (plným) preglejovaným doskám.

Tabuľka 1 zachytáva zistené hustoty vyrobených preglejovaných dosiek. Priemerná hustota referenčnej preglejky je  $742,6 \text{ kg/m}^3$ , priemerná hustota preglejky  $0^\circ$  je  $663,8 \text{ kg/m}^3$  a preglejky  $45^\circ$  je  $664,3 \text{ kg/m}^3$ . U vyľahčených preglejok sa hustota pohybovala na veľmi podobnej úrovni a to v rozmedzí od  $638,8 \text{ kg/m}^3$  do  $687,5 \text{ kg/m}^3$ . Z uvedeného vyplýva, že pokles hustoty vyľahčených preglejok oproti referenčným, nevyľahčeným preglejkám sa pohyboval na úrovni 10,5 %.



Tabuľka 1. Hustota jednotlivých preglejovaných dosiek (kg/m<sup>3</sup>)

Druh preglejky	Dĺžka (mm)	Šírka (mm)	Hrúbka (mm)	Hmotnosť (g)	Hustota (kg.m <sup>-3</sup> )
Nevylahčená (referenčná preglejka)	1002	484	13,7	4930,8	<b>743,2</b>
	1000	500	13,7	5122,6	<b>748,3</b>
	986	479	14,0	4894,1	<b>741,7</b>
	985	475	13,9	4796,3	<b>736,9</b>
Vylahčená (Preglejka 0°)	996	427	13,9	3986,9	<b>672,0</b>
	993	432	14,0	3995,7	<b>665,8</b>
	996	433	13,9	3927,3	<b>653,7</b>
Vylahčená (Preglejka 45°)	992	435	14,0	4069,6	<b>673,2</b>
	988	433	13,9	4067,0	<b>684,4</b>
	990	432	13,7	4031,4	<b>687,5</b>
	995	430	13,8	4055,4	<b>686,4</b>
	992	427	13,8	3809,1	<b>651,2</b>
	992	432	13,6	3804,6	<b>651,4</b>
	994	433	13,9	3824,7	<b>638,9</b>
	995	427	13,9	3791,7	<b>641,6</b>

Slovenský dlhoročný výrobca bukových preglejok (Bučina DDD, 2018) udáva hustotu celobukovej preglejky 780 kg.m<sup>-3</sup>, ktorá je vyššia ako v našom prípade. Vyššiu hustotu  $\rho_{12} = 760 \text{ kg.m}^{-3}$  a tomu odpovedajúce vyššie pevnostné vlastnosti uvádzajú aj (Reinprecht *et al.* 2012). Vyššiu hustotu 793 kg.m<sup>-3</sup> uvádza aj (Bekhta, 2007).

V práci (Koyonov *et al.*, 2024) autori vyvíjajú a testujú nový typ ľahčeného hybridného preglejkového panelu vyrobeného využitím zvyškov po lúpaní dyhy z topoľa. Porovnávali sa preglejky s povrchovou dyhou z topoľa a z buku. Priemerná hustota takto vyrobených topoľových preglejok bola 324,6 kg.m<sup>-3</sup> a bukových preglejok bola 348 kg.m<sup>-3</sup>, čo predstavuje viac ako o 50 % nižšiu hustotu ako u našich vylahčených preglejok.

V práci (Goluch-Goreczna *et al.*, 2018) autori testovali vylahčený kompozitný panel s jadrom z korku, ktoré bolo obojstranne opláštené tenkou hliníkovou fóliou hr. 1mm. Priemerná hustota panelov bola 200 kg.m<sup>-3</sup> čo je takmer o 70 % nižšia hustota ako u našich vylahčených preglejok.

### Pevnosť v ohybe a modul pružnosti v ohybe

Vo všeobecnosti je známe, že hustota dreva je dôležitý faktor, ktorý ovplyvňuje jeho vlastnosti a možnosti použitia (Pelit *et al.* 2015) Materiály s vyššou hustotou dosahujú zvyčajne lepšie mechanické vlastnosti. Natívne drevo sa zhrušuje, aby sa zlepšili jeho mechanické vlastnosti, hlavne pevnosť dreva (Fang *et al.* 2011), (Chuchrjanskij, 1953), (Inoue *et al.* 1993). Uvedený vzťah môžeme pozorovať aj pri preglejovaných materiáloch (Reinprecht *et al.* 2012).

K podobným záverom sme dospeli pri vyhodnotení vlastností našich preglejok. Pokles pevnosti vylahčených preglejok je výraznejší ako pokles hustoty. Pevnosť vylahčenej preglejky (vylahčenie 0°) klesla o 18,6 % (75,1 MPa) a pevnosť vylahčenej preglejky (vylahčenie 45°) klesla o 44,7 % (51,0 MPa) oproti pevnosti celobukovej nevylahčenej preglejke (92,3 MPa). Podobná situácia je aj pri module pružnosti, kde sme zaznamenali pokles pri vylahčení (vylahčenie 0°) o 7,8% (7589 MPa) a pri vylahčení (vylahčenie 45°) pokles o 25,9 % (6101 MPa) oproti modulu pružnosti celobukovej preglejke (8150 MPa). V prípade použitia napeňeného lepidla pevnosť v ohybe a modul pružnosti klesol o 11 – 17 % oproti



nenapenenému lepidlu. V práci (Koyonov *et al.*, 2024) dosky vykazovali o 53,1 % nižšiu pevnosť v ohybe a o 21,5 % nižší modul pružnosti v ohybe oproti našim vyľahčeným preglejkám (vyľahčenie 0°). Dosky s vyľahčením (vyľahčenie 45°) vykazovali taktiež vyššie pevnosti o 31 % a vyšší modul pružnosti o 2,5 %. Pri skúmaní (Goluch-Goreczna *et al.*, 2018) dosky vykazovali o 66,6 % nižšiu pevnosť v ohybe a o 32,4 % nižší modul pružnosti v ohybe oproti našim vyľahčeným preglejkám (vyľahčenie 0°). Dosky s vyľahčením (vyľahčenie 45°) vykazovali taktiež vyššie pevnosti o 50,8 % a vyšší modul pružnosti o 15,9 %.

Zo zistených výsledkov vyplýva, že na zmene sledovaných vlastností sa podieľa nielen zmenená hmotnosť, ale aj veľkosť lepenej plochy a prekrytie (preloženie) priečných dýh. Zo sledovaných konštrukcií sa ukazuje ako vhodnejšia vyľahčená preglejka s použitím vzduchových medzier pod uhlom 0°.

## ZÁVER

Hustota materiálu vo všeobecnosti ovplyvňuje vlastnosti konštrukčných materiálov. Tento poznatok sa potvrdil aj pri navrhnutých vyľahčených preglejovaných doskách. Hustota vyľahčenej preglejovanej dosky bola nižšia ako nevyľahčenej celobukovej, čo sa prejavilo v znížení pevnosti v ohybe a modulu pružnosti v ohybe.

V súčasnosti sa v každom odvetví kladie čoraz väčšia dôležitosť na ekológiu a zdravotnú nezávadnosť, možnosť recyklácie, ale aj znižovanie hmotnosti. Z ekologického, environmentálneho, ale aj ekonomického hľadiska musíme klásť dôraz aj na šetrenie drevnej suroviny a preto sa musí riešiť vývoj vyľahčených drevných materiálov.

Nami navrhnuté konštrukcie preglejovaných materiálov taktiež umožňujú kombináciu rozličných materiálov vo vrstvách a tým zároveň vytvárajú priestor pre vyľahčenie alebo inú modifikáciu vlastností. Pri týchto ľahčených materiáloch je potrebné navrhnuť konštrukciu materiálu tak, aby sa jednotlivé prvky dali spájať do nábytkového celku. Prípadne musíme navrhnuť vhodné spoje, aby bola zabezpečená ich dostatočná tuhosť a pevnosť.

Pre pokračovanie v hľadaní nových konštrukcií vyľahčenia preglejovaných materiálov len na báze dýh, bude potrebné hľadať kompromis medzi veľkosťou a tvarom otvorov – vzduchových medzier a veľkosťou lepenej plochy vo vzťahu k vlastnostiam preglejky.

## LITERATÚRA:

- BEKHTA, P., MARUTZKY, R. 2007: Reduction of glue consumption in the plywood production by using previously compressed veneer. *Holz Roh Werkst* (2007) 65: 87–88. DOI 10.1007/s00107-006-0142-8
- Bučina DDD – Preglejované dosky. 2018: Dostupné na internete: [http://www.bucina.sk/german/Produkty/Preglejky/f\\_produkt\\_preglejka.HTM](http://www.bucina.sk/german/Produkty/Preglejky/f_produkt_preglejka.HTM)
- ČUNDERLÍK, I. 2009. Štruktúra dreva. Zvolen: Technická univerzita Zvolen, 2009. ISBN: 978-80-228-2061-5.
- FANG, CH., MARIOTTI, N., CLOUTIER, A., KOUBAA, A., BLANCHET, P. 2011: Densification of wood veneers by compression combined with heat and steam. *Eur J Wood Prod* 70 (1):155–163, DOI 10.1007/s00107-011-0524-4, <http://www.researchgate.net/publication/225618265>
- GOLUCH-GORECZNA, R. et al. 2018. "Lightweight construction of aluminum-cork sandwich composites in the transportation industry," *BioRes.* 13(4), 8539-8554.
- CHUCHRJANSKI, P.N. 1953. Zušľachtovanie dreva I. Bratislava: Práca, 1953, 156 s.
- INOUE, M., NORIMOTO, M., TANAHASHI M., ROWELL, R.M. 1993. Steam or heat fixation of compressed wood, *Wood Fiber Sci.* 25 (3), pp. 224–235.
- KOYNOV, D. et al. 2024. Properties of Hybrid Plywood Produced by Utilisation of Peeler Cores. *Forests* 2024, 15, 582. [online]. [cit. 08. 09. 2024]. Dostupné na internete: <https://doi.org/10.3390/f15040582>
- MAHÚT, J. – RÉH, R. – VÍGLASKÝ, J. 2007. Plywood and decorative veneers. 4. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. 240 s. ISBN 978-80-228-1733-2.





PELIT, H., SÖNMEZ, A., BUDAKCI, M. 2015. Effects of Thermomechanical Densification and Heat Treatment on Density and Brinell Hardness of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) and Eastern Beech (*Fagus orientalis* L.). *BioResources* 10 (2), pp. 3097-3111, DOI: 10.15376/biores.10.2.3097-3111

REINPRECHT, L., KMEŤOVÁ, L., IŽDINSKÝ J. 2012. Fungal decay and bending properties of beech plywood overlaid with tropical veneers. *Journal of Tropical Forest Science* 24 (4): pp. 490-497,

STN EN 310. Dosky na báze dreva. Zisťovanie modulu pružnosti v ohybe a pevnosti v ohybe.

### **Pod'akovanie:**

Táto práca bola podporená projektom VEGA 1/0264/22 Vplyv procesných parametrov CNC technológie na kvalitu nábytkových spojov.

### **Adresa autorov:**

Ing. Marek Vojtkuliak, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov  
T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen, Slovensko  
e-mail: marekvojtuliak@gmail.com

Ing. Patrik Halčín  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra drevárskych technológií T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen, Slovensko  
e-mail: xhalcinp@is.tuzvo.sk



## MEDZIVRSTVA S MIKROKAPSULAMI A JEJ VPLYV NA ADHÉZIU PIGMENTOVANEJ POVRCHOVEJ ÚPRAVY NA DUBOVOM DREVE

Gabriela Slabejová – Mária Šmidriaková – Zuzana Vidholdová – Ján Svocák

### Abstrakt:

Príspevok sa zaoberá adhéziou štandardných a modifikovaných povrchových úprav na dubovom dreve, ktoré je určené do exteriéru. Modifikovaná povrchová úprava bola vytvorená rovnakými náterovými látkami ako štandardná povrchová úprava, ale obsahovala medzivrstvu s ošetrovacími mikrokapsulami. Adhézia povrchových úprav bola hodnotená podľa dvoch metodík: skúška mriežkovým rezom a odtrhová skúška. Adhézia bola stanovená pred expozíciou a po dvoch rokoch expozície v exteriéri. Adhézia pred expozíciou štandardných a modifikovaných povrchových úprav k dubovému drevu, testovaná mriežkovým rezom, bola takmer rovnaká. Podľa odtrhovej skúšky štandardná povrchová úprava vykazovala väčšiu adhéziu k dubovému drevu v porovnaní s modifikovanou povrchovou úpravou. Po dvoch rokoch expozície v exteriéri adhézia štandardnej povrchovej úpravy sa významne zmenšila a modifikovanej povrchovej úpravy zostala rovnaká ako pred expozíciou.

**Kľúčové slová:** adhézia, dubové drevo, mikrokapsule, povrchová úprava

### ÚVOD

Drevené výrobky v exteriéri je potrebné chrániť kvalitnou povrchovou úpravou. Pigmentovaná povrchová úprava je určená na ochranu dreva, estetické zvýraznenie produktu a prekrytie podkladu. Požiadavky na povrchovú úpravu dreva v exteriéri sú kladené hlavne na odolnosť voči poveternostným vplyvom. Vo svete sa výskum realizuje pomocou transparentných a pigmentovaných povrchových úprav. „Pre predĺženie životnosti dreva a zachovanie jeho prirodzeného vzhľadu sa stal veľmi dôležitý výskum a vývoj transparentných náterov s minimálnym použitím škodlivých látok“ (Miklečič a kol., 2017).

Odolnosť povrchovej úpravy voči poveternostným vplyvom nie je jedinou vlastnosťou, ktorá rozhoduje o kvalite. Mnohé vlastnosti – vizuálne, chemické, odolnostné, fyzikálno-mechanické – informujú o tom, ako sa bude povrchová úprava správať počas používania. Dôležitou fyzikálno-mechanickou vlastnosťou vonkajších povrchových úprav je adhézia. Vo viacerých prácach sa skúmali vplyvy typu povrchovej úpravy, druhu dreva, vlhkosti, drevokazných húb, starnutia a predúpravy povrchu na adhéziu a iné mechanické vlastnosti (Hazir a Koc, 2019; Slabejová a Vidholdová, 2019a, b, Miklečič a Kol., 2017; Cool a Hernández, 2016, Šomšák a Reinprecht, 2015, Slabejová, 2012, Bulian a Greystone, 2009; Delpech a Coutinho, 2000; De Meijer a Militz, 1998).

Pre zvýšenie ochrany dreva a zároveň aj povrchovej úpravy je možné náterové látky alebo nátery modifikovať. Náterové látky môžu byť modifikované nano-technologickými produktmi (Cataldi a kol., 2017; Miklečič a kol., 2017; Reinprecht a Vidholdová, 2017. Weththimuni a kol., 2016; Kumar a kol., 2015, Kaygin a Akgun, 2009, Lee a kol., 2003).

Predložená práca sa zaoberá adhéziou bielej pigmentovanej povrchovej úpravy určenej na drevené výrobky do exteriéru. Povrchová úprava obsahovala modifikovanú medzivrstvu s mikrokapsulami. Sledoval sa vplyv modifikovanej medzivrstvy na adhéziu povrchovej úpravy na dubovom dreve.



## MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

V experimente bolo použité dubové drevo (*Quercus petraea* L.) s rozmermi skúšobných telies 250 mm × 80 mm × 20 mm a obsah vlhkosti bol 8 % ± 2 %.

Povrch skúšobných telies bol brúsený podľa odporúčaní uvedených v technických listoch náterových látok. Skúšobné telesá boli povrchovo upravené zo všetkých strán nízkotlakovým striekaním.

Boli vytvorené dva typy povrchovej úpravy:

- **Štandardná povrchová úprava** – 1 základný náter (priemerná hrúbka náterového filmu 100 µm v mokrom stave) – 1 vrchný náter (150-180 µm v mokrom stave).
- **Modifikovaná povrchová úprava** – 1 základný náter (100 µm v mokrom stave) – 1 náter modifikovanej náterovej látky (150-180 µm v mokrom stave) – 1 vrchný náter (150-180 µm v mokrom stave).

Boli vybrané nasledovné biele pigmentované náterové látky na vodnej báze, na povrchovú úpravu rozmerovo stabilných prvkov, okien, exteriérových dverí a nábytku do zimných záhrad aj exteriéru:

- **Základná náterová látka** – ochranná impregnácia na báze zmesi alkydových a akrylátových živíc s dobrou krycou schopnosťou; s účinnou látkou (B, P, W) – 0,8 % (0,8 g/100 g) jódpropinylbutylcarbamat (IPBC) a 0,4 % (0,4 g/100 g) tebuconazol.
- **Modifikovaná náterová látka** – vytvárajúca medzivrstvu na báze akrylátových disperzií s nízkym obsahom rozpúšťadiel, obohatená o mikrokapsule na uzavretie trhlín spôsobených poveternostnými vplyvmi alebo poškodením.
- **Pigmentovaná vrchná náterová látka** – na báze akrylátových disperzií s vynikajúcou odolnosťou voči poveternostným vplyvom.

Adhézia povrchových úprav bola stanovená pred expozíciou (K) a po dvoch rokoch expozície (2) v exteriéri.

### Hrúbka náterového filmu

Na meranie hrúbky náterového filmu boli zvolené dve metódy:

- Deštruktívna metóda – pomocou prístroja SuperPig SP 1100.
- Nedeštruktívna metóda – pomocou ultrazvukového prístroja PosiTector 200.

### Testy adhézie

Adhézia náterových filmov k drevu bola stanovená odtrhovou skúškou podľa normy STN EN ISO 4624 (2016) a skúškou mriežkovým rezom podľa normy STN EN ISO 2409 (2013).

Na odtrhovú skúšku bol použitý testovací prístroj PosiTest AT-M (Qualitest, Kanada). Malé kovové terčíky s priemerom 20 mm boli prilepené na povrchovú úpravu pomocou dvojzložkovej epoxidovej živice (Pattex Repair Epoxy). Po 24 hodinách vytvrdzovania pri teplote 20 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 60 % boli okolo prilepených terčikov ručnou frézou vyfrézované kružnice, aby sa zabránilo šíreniu porušenia mimo testovanú plochu. Rýchlosť ťahu bola 1 mm/min až do oddelenia terčika od povrchu. Po každom teste bolo porušenie plochy pod terčíkom vyhodnotený vizuálne pomocou stereo-mikroskopu LEICA MZ 9,5 so zväčšením 4×.

Skúška mriežkovým rezom bola vykonaná nasledovne: mriežka bola prerezaná cez náterový film na dubovom dreve pod 45° uhlom k drevným vláknam. Adhézia náterového filmu bola klasifikovaná podľa normy STN EN ISO 2409 (2013) (Tab. 1). Obrázky sú príkladmi



priečného rezu v rámci každého kroku klasifikácie. Uvedené percentá vychádzajú z vizuálneho hodnotenia podľa obrázkov.

**Tabuľka 1. Vyhodnotenie plochy s mriežkovým rezom.**

Klasifikácia	0	1	2	3	4	5
Povrch plochy priečného rezu, z ktorej došlo k odlupovaniu.						
	žiadne	< 5%	5% – 15%	15% – 35%	35% – 65%	> 65%

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Hrúbka filmu povrchových úprav bola stanovená dvomi metódami (deštruktívnou a nedeštruktívnou). Hrúbka náterového filmu určená dvoma rôznymi metódami bola podobná a je uvedená v tabuľke 2. Hrúbka náterového filmu stanovená deštrukčnou metódou bola o niečo väčšia ako hrúbka stanovená nedeštruktívnou metódou, ale tento rozdiel je zanedbateľný. Tieto nepatrné rozdiely môžu byť spôsobené tým, že ak sa meria deštrukčnou metódou, do hrúbky náterového filmu je zahrnutá aj časť impregnovaného povrchu dreva. Pri ultrazvukovej nedeštruktívnej metóde sa táto impregnovaná časť dreva pravdepodobne nezapočítava do hrúbky filmu, ale považujú sa za podkladovú vrstvu. Zároveň drevo so svojou mikroštruktúrou vytvára špecifický povrch, na ktorom vzniká veľká variabilita hrúbky náteru.

Poznanie hrúbky náterového filmu nie je potrebné len na určenie adhézie mriežkovým rezom, ale hrúbka ovplyvňuje celkovú kvalitu povrchovej úpravy. Hundhausen a kol. (2018) a Palija a kol. (2018) sa zamerali na faktory, ktoré ovplyvňujú hrúbku náterového filmu v priemyselnej výrobe. Pričom vieme, že je dôležité dodržiavať konštantnú hrúbku náterových filmov na výrobkoch z dôvodu zabezpečenia rovnakej kvality povrchovej úpravy.

**Tabuľka 2. Hrúbka náterového filmu.**

Povrchová úprava	Hrúbka náterového filmu [ $\mu\text{m}$ ]	
	Metóda	
	Deštruktívna	Nedeštruktívna
Štandardná	140	129
Modifikovaná	270	251

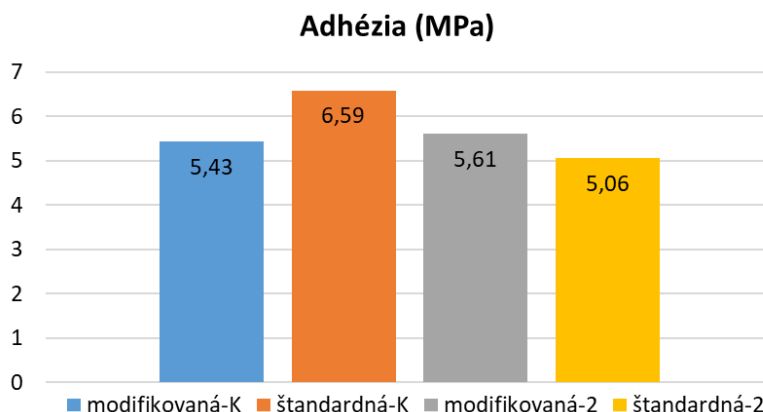
### Adhézia náterového filmu stanovená odtrhovou skúškou

Adhézia stanovená odtrhovou skúškou pred aj po expozícii modifikovanej a štandardnej povrchovej úpravy je zobrazená graficky na obr. 1. V tabuľke 3 sú uvedené priemerné hodnoty adhézie a smerodajné odchýlky.

Na obr. 1 vidíme, že adhézia náterového filmu pred expozíciou modifikovanej povrchovej úpravy k dubovému drevu bola v porovnaní so štandardnou povrchovou úpravou menšia o 17,6 %. Modifikovaná medzivrstva mala negatívny vplyv na adhéziu náterového filmu k podkladu. Adhézia modifikovanej povrchovej úpravy po expozícii bola porovnateľná ako pred expozíciou. Adhézia štandardnej povrchovej úpravy po expozícii klesla o 23,2 %. Môžeme konštatovať, že modifikovaná povrchová úprava si po dvoch rokoch expozície v exteriéri pôvodnú adhéziu k povrchu dubového dreva zachovala, pričom na štandardnej povrchovej úprave sa adhézia významne zmenšila.



Vysoký významný vplyv povrchovej úpravy na adhéziu potvrdili aj Hazir a Koc (2019), Slabejová a Vidholdová (2019b), Miklečič, a kol. (2017) a Delpech a Coutinho (2000). Podľa výsledkov Hazir a Koc (2019) bol typ náterovej látky dôležitým faktorom, ktorý vplýval na príľnavosť a iné mechanické vlastnosti povrchovej úpravy.



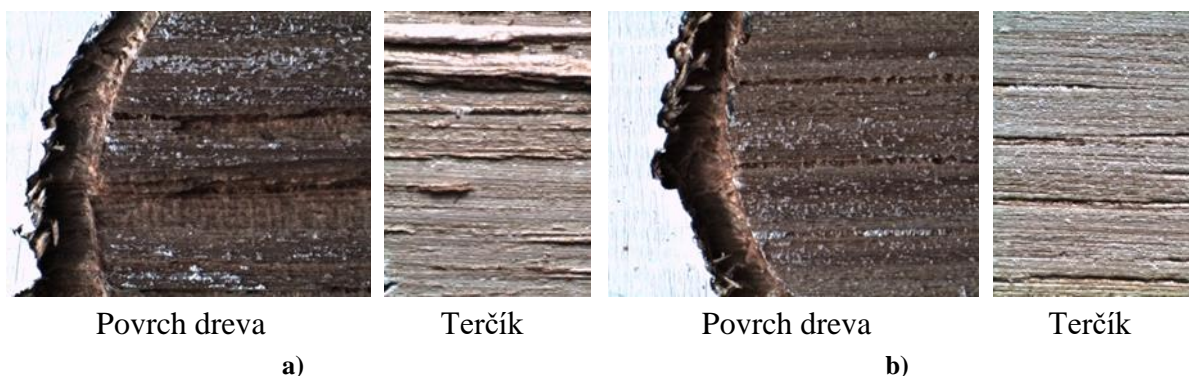
**Obr. 1** Adhézia náterového filmu (MPa) stanovená odtrhovou skúškou modifikovanej a štandardnej povrchovej úpravy pred expozíciou (K) a po dvoch rokoch expozície (2).

**Tabuľka 3.:** Adhézia povrchových úprav pred a po expozícii.

Adhézia (MPa)	Povrchová úprava			
	Modifikovaná		Štandardná	
Čas expozície (rok)	0	2	0	2
Priemerná hodnota	5,43	5,61	6,59	5,06
Smerodajná odchýlka	1,07	0,19	0,61	0,21

Poznámka: 0 – pred expozíciou (K), 2 – po dvoch rokoch expozície (2).

Porušenie v systéme „drevo – náterový film – kovový terčik“ bolo vyhodnotené vizuálne pomocou mikroskopu pri 4-násobnom zväčšení. Na povrchu terčika sú pod mikroskopom viditeľné oblasti náterového filmu s oddelenými drevenými vláknami. K odtrhnutiu drevných vlákien z povrchu dochádzalo len v malej miere, drevné vlákna nepresiahli 10 % plochy na kovovom terčiku (obr. 2). Toto porušenie môže byť charakterizované ako adhézny zlom náterového filmu od povrchu dreva.



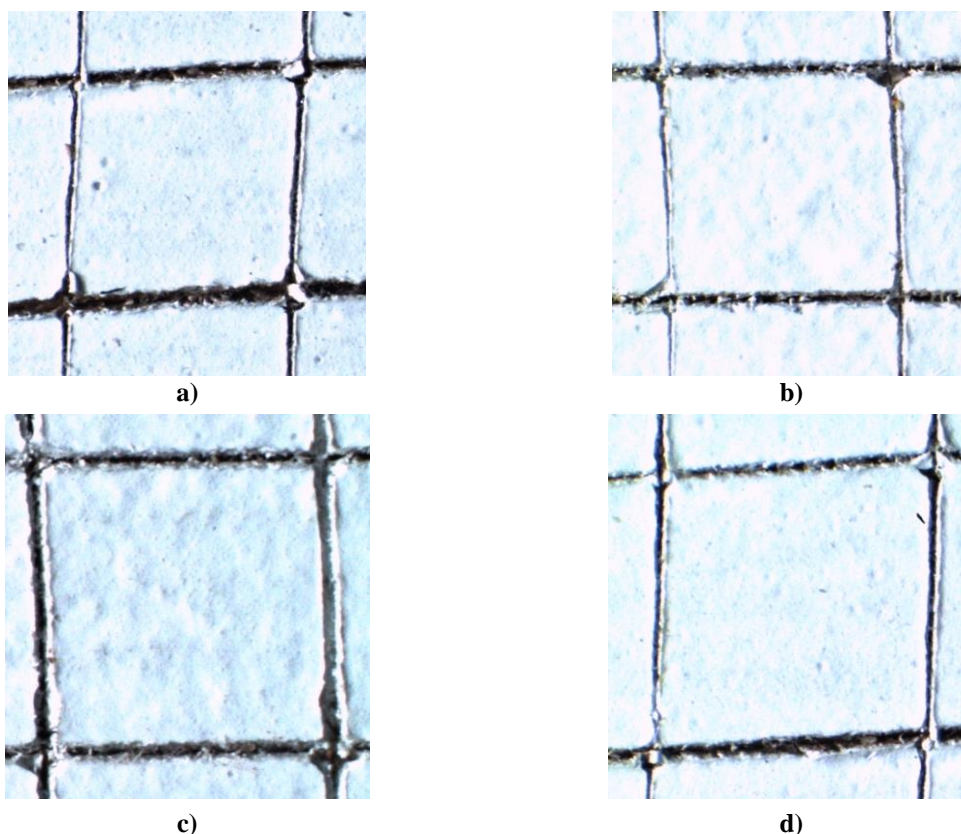
**Obr. 2** Povrchové úpravy: a) štandardná, b) modifikovaná; po odtrhovej skúške pred expozíciou; vyhodnotené vizuálne pomocou stereo-mikroskopu (so zväčšením 4 ×).





### Adhézia náterového filmu stanovená mriežkovým rezom

Adhézia stanovená mriežkovým rezom bola hodnotená podľa tabuľky 1. Adhézia modifikovanej aj štandardnej povrchovej úpravy k dubovému drevu pred expozíciou bola stupňa 2. Možno konštatovať, že modifikovaný náter neovplyvnil adhéziu povrchovej úpravy k dubovému drevu (obr. 3). Rovnako aj po dvojročnej expozícii v exteriéri je adhézia modifikovanej aj štandardnej povrchovej úpravy stupne 2.



Obr. 3 Povrchové úpravy: a) štandardná, b) modifikovaná; po skúške mriežkovým rezom pred expozíciou; c) štandardná, d) modifikovaná; po skúške mriežkovým rezom po dvojročnej expozícii; vyhodnotené vizuálne pomocou stereo-mikroskopu (so zväčšením 4 ×).

### ZÁVER

Z výsledkov adhézie povrchových úprav možno vyvodit' nasledovné závery:

- Modifikovaná povrchová úprava pred expozíciou mala menšiu adhéziu k povrchu dubového dreva ako štandardná povrchová úprava.
- Po dvojročnej expozícii v exteriéri mala modifikovaná povrchová úprava adhéziu rovnakú ako pred expozíciou. Štandardná povrchová úprava mala po expozícii adhéziu významne menšiu o 23,2 %.
- Adhézia stanovená mriežkovou metódou bola na oboch povrchových úpravách rovnaká po expozícii ako pred expozíciou.

Z výsledkov vyplýva, že adhézia stanovená odtrhovou skúškou má lepšiu výpovednú hodnotu ako stanovená mriežkovým rezom.



## LITERATÚRA:

- BULIAN F., GRAYSTONE J. 2009. Wood coatings: Theory and practice. Elsevier. 319 s.
- CATALDI, A, CORCIONE, C.E., FRIGIONE, M., AND PEGORETTI, A. 2017. Photocurable resin/nanocellulose composite coatings for wood protection. *Progress in Organic Coatings* 106, 128-136, DOI: 10.1016/j.porgcoat.2017.01.019
- COOL, J., HERNÁNDEZ, R. E. 2016. Impact of three alternative surfacing processes on weathering performance of an exterior water-based coating. *Wood and Fiber Science*, 48(1): 43–53.
- DELPECH, M. C., COUTINHO, F. M. B. 2000. Water borne anionic polyurethanes and poly(urethaneurea)s: influence of the chain extender on mechanical and adhesive properties. *Polymer Testing*, 19(8): 939–952.
- DE MEIJER, M., MILITZ, N. 1998. Wet adhesion measurements of wood coatings. *European Journal of Wood and Wood Products*, 56(5): 306.
- HAZIR, E., KOC, K. H. 2019. Evaluation of wood surface coating performance using water based, solvent based and powder coating. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 21(4), ISSN 0718-221X [online] <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2019005000404>.
- HUNDHAUSEN, U., SLABOHN, M., MEINLSCHMIDT, P. 2018. Industrial coating of wood cladding: In line control of board temperature, film thickness, and microfoam. Conference: PRA's 11th International WoodcoatingsCongressAt: Amsterdam. 10 s.
- KAYGIN, B., AKGUN, E. 2009. A nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces. In *Scientific Research and Essays*, 4(1): 1–7.
- KUMAR, A., PETRIČ, M., KRIČEJ, B., ŽIGON, J., TYWONIAK, J., HAJEK, P., ŠKAPIN, A.S., AND PAVLIČ, M. 2015. Liquefied-wood-based polyurethane-nanosilica hybrid coatings and hydrophobization by self-assembled monolayers of orthotrichlorosilane (OTS). *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* [online] 3(10), 2533-2541. DOI: 10.1021/acssuschemeng.5b00723
- LEE, S. S., KOO, J. H., LEE, S. S., CHAI, S. G., AND LIM, J. CH. 2003. Gloss reduction in low temperature curable hybrid powder coatings. *Progress in Organic Coatings* [online] 46(4), 266-272. Online: <http://thirdworld.nl/gloss-reduction-in-low-temperature-curable-hybrid-powder-coatings>.
- MIKLEČIĆ, J., TURKULIN, H., JIROUŠ-RAJKOVIĆ, V. 2017. Weathering performance of surface of thermally modified wood finished with nanoparticles-modified waterborne polyacrylate coatings. In *Applied Surface Science*, 408: 103–109.
- PALIJA, T., JAIĆ, M., DŽINČIĆ, I., ŠUĆUR, A., DOBIĆ, J. 2018. Variability of dry film thickness of a coating applied by roller coater on wood in a real industrial process. *Drewno*, 61(201), 153–164. DOI: 10.12841/wood.1644-3985.251.13.
- REINPRECHT, L., VIDHOLDOVÁ, Z. 2017. Growth inhibition of moulds on wood surfaces in presence of nano-zinc oxide and its combinations with polyacrylate and essential oils. *Wood research*. 1, 37–43. ISSN 1336-4561.
- SLABEJOVÁ, G., VIDHOLDOVÁ, Z. 2019a. Adhézia náterových filmov na poveternostne starnutom dreve. *tzbinfo*, Online: <https://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/19533-adhezia-naterovych-filmov-na-poveternostne-starnutom-dreve>
- SLABEJOVÁ, G., VIDHOLDOVÁ, Z. 2019b. Vplyv vybraných faktorov na adhéziu náterových filmov. In *Dřevostavby*. 57–68. ISBN 978-80-86837-93-2
- SLABEJOVÁ, G. 2012. Vplyv vybraných faktorov na stabilitu systému drevo – tuhý náterový film. *ActaFacultatisXylogiae Zvolen, Zvolen: TU vo Zvolene*, 54(2): 57–65.
- STN EN ISO 4624 (2016). Paints and varnishes. Pull-off test for adhesion. Slovak Office of Standards, Metrology and Testing, Bratislava, Slovakia.
- STN EN ISO 2409 (2013). Paints and varnishes. Cross-cut test. Slovak Office of Standards, Metrology and Testing, Bratislava, Slovakia.
- ŠOMŠÁK, M., REINPRECHT, L. (2015): Vplyv palzmy, fungicídov, UV-aditív a starnutia na adhéziu náterov k drevu. eConference of Doctoral Students and Young Researcher ISeC 2015 – Interdisciplinary Scientific eConference, 20-24 July 2015, NEXSYS, Ltd. Bratislava, 7 p. ISBN 978-80-972051-0-2
- WETHTHIMUNI, M. L., CAPSONI, D., MALAGODI, M., MILANESE, C., AND LICCHELLI, M. 2016. Shellac/nanoparticles dispersions ad protective materials for wood. *Applied Physics a-Materials Science&Processing* 122(12), 1058. DOI: 10.1007/s00339-016-0577-7



**Pod'akovanie:**

Túto prácu podporila vedecká grantová agentúra ministerstva školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied – grant VEGA 1/0264/22 a grant VEGA 1/0656/23.

**Adresa autorov:**

Ing. Gabriela Slabejová, PhD.  
Ing. Mária Šmidriaková, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov  
T.G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen, Slovakia  
slabejova@tuzvo.sk  
smidriakova@tuzvo.sk

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra drevárskych technológií  
T.G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen, Slovakia  
zuzana.vidholdova@tuzvo.sk

Ing. Ján Svocák, PhD.  
Remmers s.r.o.  
Kynceľovská cesta 1011/3  
974 01 Kynceľová  
svocak@remmers.sk



## VÝKONNOSŤ BRÚSIACEHO PROSTRIEDKU

Alena Očkajová – Martin Kučerka

### Abstrakt:

Cieľom predloženého príspevku je poukázať na dôležitosť voľby vstupných parametrov procesu brúsenia, ktoré podstatnou mierou ovplyvňujú výkonnosť brúsiaceho prostriedku. Porovnanie výkonnosti brúsiacich prostriedkov sa realizovalo cez metriku vzťažného odbrusu v závislosti od veľkosti prítlačnej sily, dreveniny a smeru brúsenia voči drevným vláknam. Ako najvhodnejšia hodnota prítlačnej sily pre porovnanie výkonnosti brúsiacich prostriedkov pre vybrané dreveniny bola  $1,04 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ . Krivky výkonnosti brúsiacich prostriedkov v rámci celého sledovaného intervalu (480 minút) pre všetky smery brúsenia sa získali pri brúsení buka, pri brúsení duba, okrem smeru  $90^\circ$  ale od hodnoty 380 minút už s minimálnou hodnotou odbrusu. Pre jelšu sa najdlhšia krivka výkonnosti získala pre smer  $60^\circ$  v trvaní 400 minút a pre borovicu pre smer  $90^\circ$  v celom sledovanom intervale.

**Kľúčové slová** - brúsenie, vybrané dreveniny, výkonnosť brúsiaceho prostriedku

### ÚVOD DO PROBLEMATIKY

Brúsenie je jednou z technológií spracovania dreva, ktorá je zaradená do triedy trieskového obrábania dreva. Brúsenie pri obrábaní dreva sa vykonáva za účelom predbrúsenia (hrubé brúsenie - vyrovnávanie nerovností funkčných plôch obrobku), kalibrovania (dosiahnutie rovnakej hrúbky obrobku), jemného brúsenia (príprava plochy pod náter alebo postrek), hladenia (leštenie lakovanej plochy) <sup>[4]</sup>.

Brúsenie je veľmi dôležitá operácia, lebo spolu s konečnou povrchovou úpravou obrobku zabezpečuje výsledný efekt samotného výrobku. Brúsenie je špecifické či už z pohľadu samotného obrábaného materiálu ale najmä z pohľadu nástroja. Obrábaný materiál - prírodné drevo sa brúsením opracováva v dvoch navzájom kolmých smeroch vzhľadom k priebehu drevných vlákien, čo určuje aj samotný trieskotvorný proces a následne výkonnosť brúsiaceho prostriedku. Zatiaľ, čo pri pozdĺžnom brúsení sa získava dlhšia trieska, čo je dôsledkom makroskopickej stavby dreva (väčšina bunkových elementov je usporiadaná v pozdĺžnom smere), pri brúsení kolmo na vlákna sa práve tieto bunkové elementy prerezávajú a v dôsledku toho vznikajú menšie trieskové častice <sup>[12]</sup>. Rozdielnosť vzniknutých triesok spôsobuje aj rôzne zapĺňanie priestorov medzi brúsiacimi zrnami, ich prilnutie na povrch zrn, čoho výsledkom je ich štiepenie (samobrúsenie) alebo vylamovanie <sup>[17]</sup>. V praxi sa nestretávame s úplne čistým brúsením pozdĺž vlákien alebo kolmo na ich smer v dôsledku výskytu prirodzených chýb dreva ako aj v dôsledku oscilácie brúsiacich prostriedkov.

Brúsiaci prostriedok sa odlišuje od klasických nástrojov s presne definovanou geometriou ostria. Je to aglomerát mnohých malých jednotlivito, k sebe priradených klinov rôzneho nepravidelného tvaru - tzv. brúsiacich zrníek, ktoré z dreva vyrývajú makročastice dreva - drevný prach. Pri brúsení majú rezné klíny všeobecne záporné uhly čela <sup>[17]</sup>.

Kvalitný brúsiaci prostriedok je charakterizovaný kvalitným podkladovým materiálom, pojivom (základná a krycia vrstva), samotným abrazívnym materiálom (zrno), zrnitosťou, druhom posypu (otvorený, polootvorený, zatvorený), kvalitou spoja, uskladnením



a klimatizáciou brúsiaceho prostriedku. Brúsiaci prostriedok sa nebrúsi a po jeho opotrebovaní sa musí vyradiť (vysoká spotreba samotných brúsiacich prostriedkov), preto je veľmi dôležité venovať náležitú pozornosť jeho správnej voľbe v závislosti od konkrétnej pracovnej operácie ako aj materiálu, ktorý sa brúsi <sup>[1,2,4,7,13,14,15,16,20]</sup>. Je tu ešte fenomén samotnej dreveniny alebo skupín drevenín a to ihličnaté (s výrazným rozdielom v hustote jarného a letného dreva, dlhé vlákna, prítomnosť živice), kruhovito pórovité (vysoká tvrdosť), roztrúsene pórovité (najmenší rozdiel pri brúsení pozdĺž vlákien a kolmo na smer vlákien). Kvalitu brúsenia a samotnú výkonnosť brúsiaceho prostriedku (resp. opotrebovanie) ovplyvňuje prítlačná sila brúsiaceho prostriedku na povrch dielca ako aj samotná rezná rýchlosť brúsiaceho prostriedku <sup>[3,8,11,19]</sup>.

Cieľom predloženého príspevku je poukázať na rozdielnú výkonnosť brúsiaceho prostriedku (pomocou metriky vzťažného odbrusu, množstva odbrúseného materiálu za jednotku času), v závislosti od veľkosti prítlačnej sily, smeru brúsenia, druhu dreveniny a druhu brúsiaceho prostriedku.

## MATERIÁL A METODIKA

### Vzorky

Vzorky boli napílené na rozmer 50 x 50 x 50 mm a to tak, aby vektor reznej rýchlosti a smer drevných vlákien zvieral uhol 0°, 60°, 90°. Uhol 60° sa zvolil preto, aby sa eliminoval úplne čistý pozdĺžny alebo kolmý smer brúsenia vzhľadom k vláknam, ktorý sa v praxi nevyskytuje a zároveň sa brala do úvahy oscilácia brúsiacich prostriedkov. Vzorky sa pred brúsením klimatizovali na vlhkosť 12 %. Pre experimenty boli vybrané vzorky drevenín tak, aby boli zastúpené ihličnaté, kruhovito pórovité a roztrúsene pórovité dreveniny: buk lesný (*Fagus sylvatica*) - listnatá roztrúsene pórovitá drevenina, tvrdá, stredne ťažká, s hustotou 684 kg.m<sup>-3</sup>, jelša lepkavá (*Alnus glutinosa*) - listnatá roztrúsene pórovitá drevenina, ľahká a mäkká s hustotou 528 kg.m<sup>-3</sup>, dub letný (*Quercus robur*) - listnatá kruhovito pórovitá drevenina, tvrdá, ťažká, s hustotou 744 kg.m<sup>-3</sup>, borovica lesná (*Pinus sylvestris*) - ihličnatá drevenina s obsahom živice, drevo ľahké, s hustotou 550 kg.m<sup>-3</sup> <sup>[4,5,7,9]</sup>.

### Nástroj

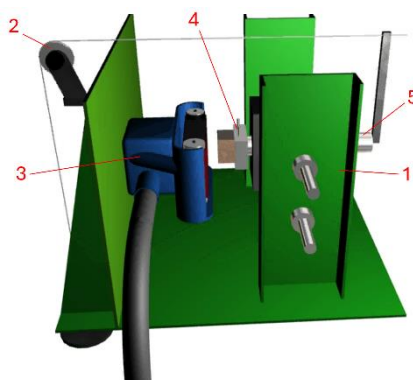
Boli vybrané 2 druhy nekonečných brúsiacich pásov, od firmy UNION – VIS s označením ABRATEX BTX-22-3 a Klingspor LS 309 XH s rovnakými charakteristikami: rozmer brúsiacich pásov - 100 x 610 mm, zrnitosť - 80, brusivo - umelý korund (oxid hlinitý), pojivo - umelá živica, podkladový materiál - bavlnená tkanina, ťažká, posyp - hustý. Pre každý variant brúsenia sa použili ostré brúsiace pásy.

Brúsiace pásy boli celú dobu pred nasadením do skúšobného zariadenia klimatizované pri teplote 20 °C a relatívnej vlhkosti vzduchu 65 %; 24 hodín pred realizovaním experimentu, skúšobné pásy boli uložené v miestnosti, kde sa realizoval experiment <sup>[10]</sup>.

### Zariadenie

Experimentálne zariadenie pre brúsenie - ručná pásová brúska Bosch GBS 100 AE, rezná rýchlosť 7,8 m.s<sup>-1</sup>, obr. 1. <sup>[18]</sup>.





**Obr. 1** Experimentálne zariadenie

1 - rám, 2 - vedenie, 3 - ručná pásová brúska, 4 - uchytenie vzorky, 5 - prítlačné zariadenie

### **Prítlačná sila brúsiaceho prostriedku na povrch dielca**

Pre úvodné experimenty boli zvolené nasledovné veľkosti prítlačných síl: 0,66; 1,04; 1,47; 1,86 and 2,06 N.cm<sup>-2</sup>, na základe výsledkov pre nasledovné merania výkonnosti brúsiacich prostriedkov bola zvolená prítlačná sila 1,04 N.cm<sup>-2</sup> [10].

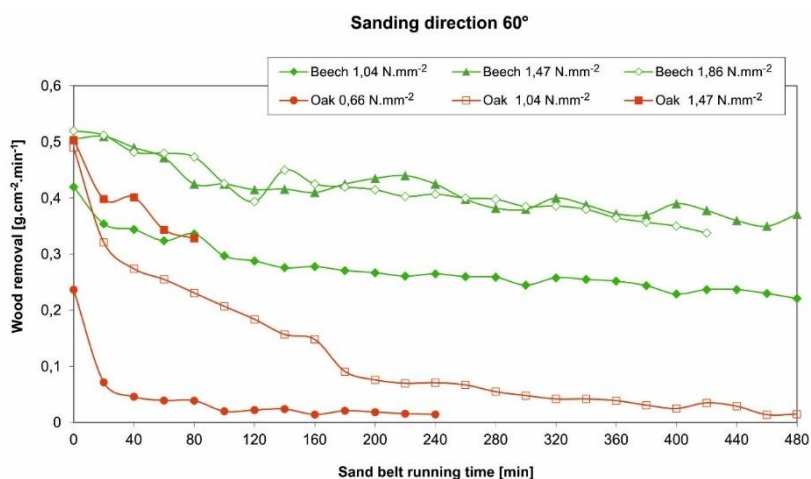
### **Meranie výkonnosti brúsiacich prostriedkov**

Pre experimenty boli vzorky rozdelené do 2 skupín. Kontrolné vzorky mali približne rovnakú hmotnosť, s minimálnym výskytom prirodzených chýb dreva. Druhú skupinu tvorili všetky ostatné vzorky, ktoré sa brúsili medzi kontrolnými časmi. Vzorky boli pred experimentom zvážené na laboratórnych váhach s presnosťou 0,1 g a posuvným meradlom zmerané rozmery vzoriek. Takto boli vzorky pripravené pre zvolené smery brúsenia: 0°, 60°, 90° a drevinu. Čas brúsenia bol stanovený na 480 minút (cca 1 pracovná zmena). Kontrolné merania výkonnosti brúsiaceho prostriedku sa realizovali každých 20 minút, pomocou kontrolných vzoriek, ktoré sa brúsili 1 minútu. Hmotnosť vzoriek pred a po brúsení bola prepočítaná na špecifický odbrus [g.cm<sup>-2</sup>.min<sup>-1</sup>] [4,5].

## **VÝSLEDKY A DISKUSIA**

### **Vplyv veľkosti prítlačnej sily**

Na obr. 2 je znázornená výkonnosť brúsiaceho prostriedku v závislosti od veľkosti prítlačnej sily.



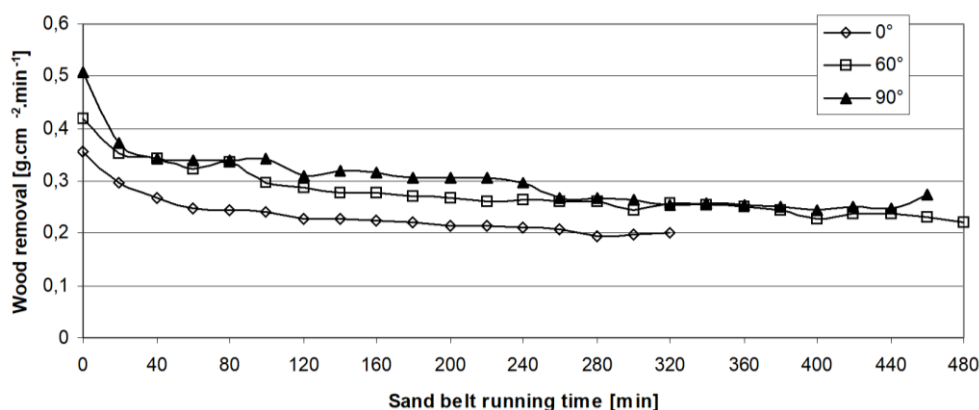
Obr.2 Výkonnosť brúsiaceho prostriedku v závislosti od veľkosti prítlačnej sily <sup>[10]</sup>

Z grafu na obr. 2 jednoznačne vyplýva potreba správnej voľby prítlačku brúsiaceho prostriedku na povrch dielca. Pre tento experiment sa zvolil len smer brúsenia 60°. Zatiaľ čo krivky výkonnosti pre buk sa získali pri 2 zvolených prítlakoch (1,04 N.mm<sup>-2</sup> a 1,47 N.mm<sup>-2</sup>) pre celý zvolený interval 480 minút a v 1 prípade (1,86 N.mm<sup>-2</sup>) pre 420 minút, pre dub možno sledovať, že len pri jednom prítlaku (1,04 N.mm<sup>-2</sup>) sa získala krivka v celom sledovanom intervale, aj keď od času cca 320 - 340 minút už brúsiaci pás nevykazoval požadovanú výkonnosť. Prítlak, ktorý úplne vyhovoval pre brúsenie buka 1,47 N.mm<sup>-2</sup> a dosahovala sa najvyššia výkonnosť, pre dub bol nevyhovujúci a po 80 minútach sa brúsiaci pás pretrhol. Pre dub bol navrhnutý aj nižší prítlak 0,66 N.mm<sup>-2</sup> ale ani ten nevyhovoval z hľadiska výkonnosti, pretože po 80 minútach práce už jeho odbrus bol minimálny. Aj keď sa vybrali 2 úplne rozdielne dreveniny z hľadiska brúsenia (ľahko - buk a ťažko brúsiteľná drevena dub) jednoznačne možno konštatovať, že prítlačná sila brúsiaceho prostriedku na povrch dielca je významným faktorom, ktorý ovplyvňuje výkonnosť (resp. životnosť) brúsiaceho prostriedku a samozrejme aj kvalitu brúsenia.

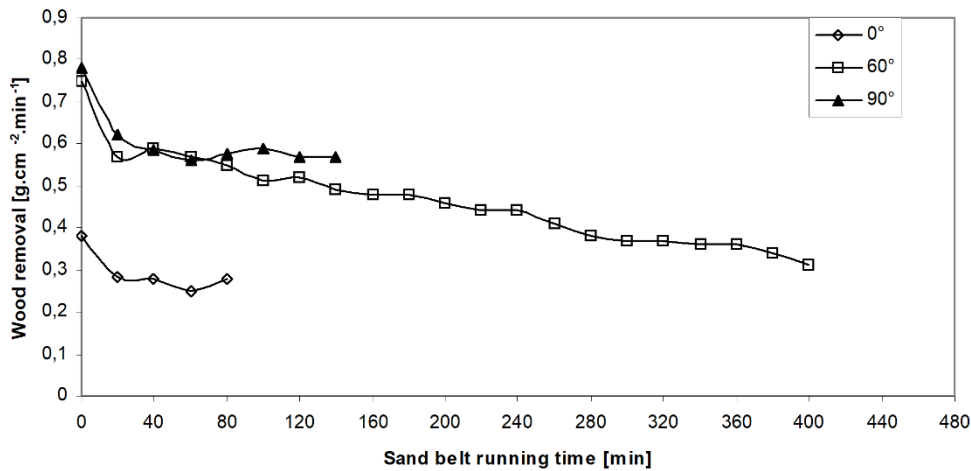
Na základe týchto experimentov sa pre ďalšie merania zvolil prítlak 1,04 N.mm<sup>-2</sup>, aby sa mohli porovnať navzájom krivky výkonnosti brúsiacich prostriedkov pri všetkých vybraných drevinách a smeroch brúsenia <sup>[5,10]</sup>.

### Drevina a smer brúsenia

Na obr. 3 a 4 sú znázornené krivky výkonnosti brúsiacich prostriedkov v závislosti od smeru brúsenia pre dreveniny buk a jelša.

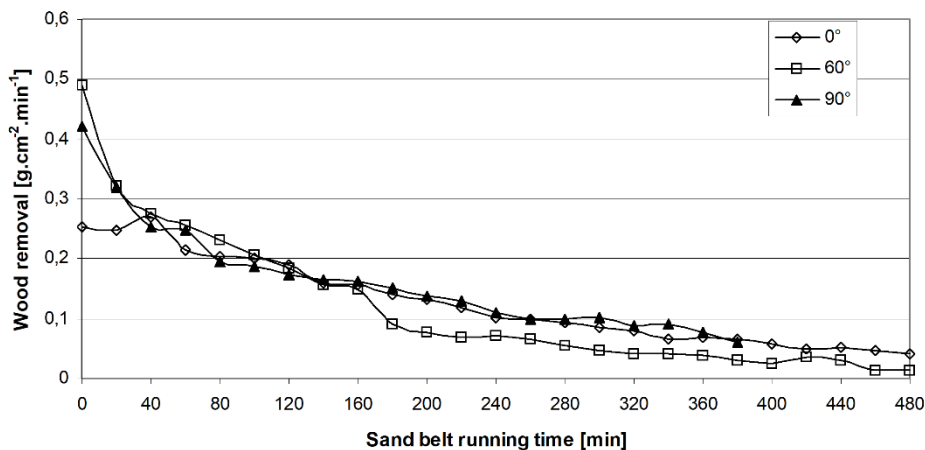


Obr. 3 Krivky výkonnosti brúsiacich prostriedkov pre buk v závislosti od smeru brúsenia



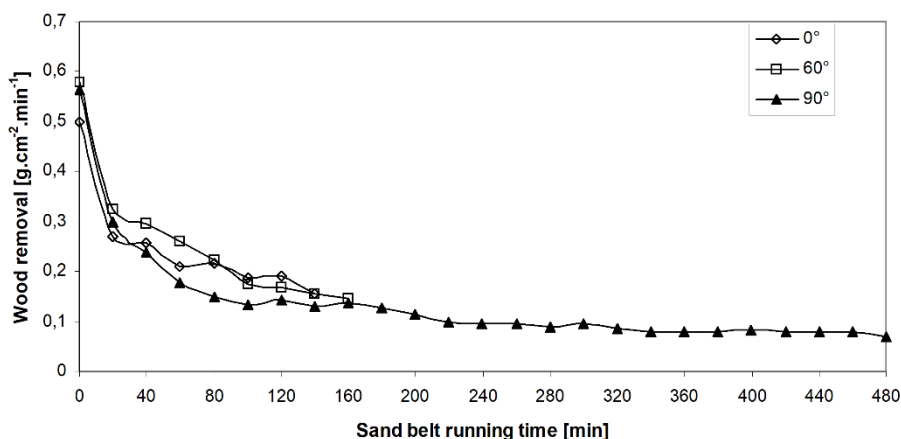
Obr. 4 Krivky výkonnosti brúsiacich prostriedkov pre jelšu v závislosti od smeru brúsenia

Pri porovnaní dvoch roztrúsene pórovitých drevín buka a jelše z hľadiska vzťažného odbrusu, vid'. obr. 3 a 4 možno konštatovať, že počiatkové hodnoty vzťažného odbrusu sú cca 1,5 - krát vyššie u jelši ako u buka, pre všetky smery brúsenia, ale výkonnosť brúsiacich prostriedkov bola rôzna. Pri jelši sa najdlhší čas práce dosiahol pre smer brúsenia 60° a to 400 minút, pri brúsení kolmo na vlákna 90° bol čas práce len 140 minút a dokonca pre smer brúsenia pozdĺž vlákien bol len 80 minút. Z týchto meraní vyplýva, že zo sledovaných drevín mala jelša najvyššie hodnoty odbrusu hneď prvých 20 minút, teda vysokú výkonnosť, čo spôsobilo rýchle zapĺňanie priestoru medzi zrnami trieskami a nenastalo tzv. samobrúsenie brúsiaceho prostriedku (štípenie zrn, vylamovanie) a zvolený prítlak spôsobil pretrhnutie pásov.



Obr. 5 Krivky výkonnosti brúsiacich prostriedkov pre dub v závislosti od smeru brúsenia

Pri dube, kruhovito pórovitej drevine, je priebeh výkonnosti brúsiaceho prostriedku iný ako v prvých 2 prípadoch (obr. 5). Hodnoty vzťažného odbrusu tiež výrazne klesli po prvých 20 minútach práce ale životnosť brúsiacich prostriedkov bola dlhšia, pre smer brúsenia 90° 380 minút a pre smer brúsenia 60° a 0° bola až 480 minút aj keď po 380 minútach už bola výkonnosť brúsiaceho prostriedku nepostačujúca. Granulometrický rozbor prachových častíc duba potvrdil vyššie percento prachových častíc (nie vláknitých) aj z procesu pozdĺžneho brúsenia, čomu odpovedá zhruba rovnaký priebeh kriviek výkonnosti vo všetkých 3 smeroch, čiže aj rovnaký trieskotvorný proces a rýchle zapĺňanie medzier medzi zrnami drevnými prachovými časticami s nízkou schopnosťou samobrúsenia brúsnych zrn [6].

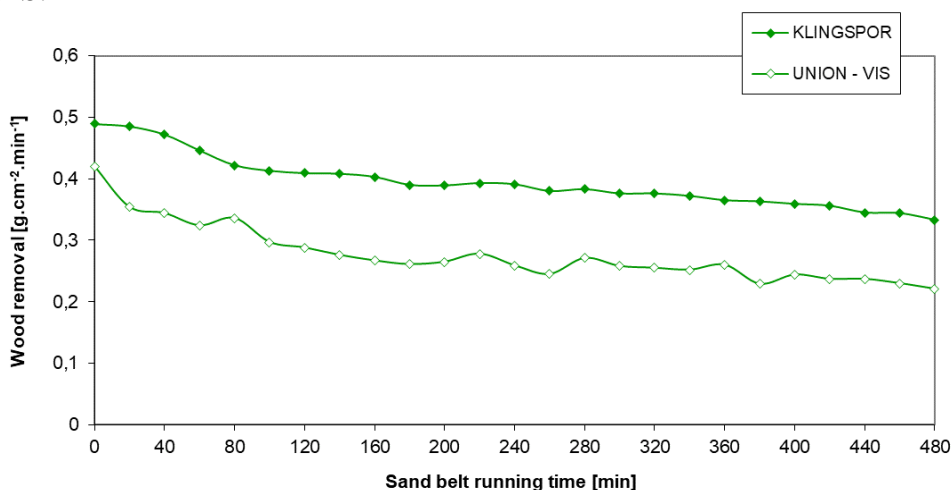


Obr. 6 Krivky výkonnosti brúsiacich prostriedkov pre borovicu v závislosti od smeru brúsenia

Pri brúsení borovice (obr. 6) možno konštatovať, že sa zaznamenali druhé najvyššie odbrusy (v rámci skúmaných drevín) v prvých 20 minútach brúsenia pre všetky smery, no výkonnosť brúsiacich prostriedkov postupne klesala a pre smer brúsenia 60° sa brúsiaci prostriedok pretrhol po 160 minútach a pre smer brúsenia 0° po 140 minútach. Určite k tomuto priebehu kriviek výkonnosti prispeli najmä makroskopická stavba ihličnatých drevín, veľká rozdielnosť v hustote jarného a letného dreva, ktorá pri radiálnych vzorkách mohlo sťažiť prácu brúsiaceho prostriedku (rýchle pretrhnutie), dĺžka vlákien a samozrejme obsah živice [9].

### Brúsiace prostriedky rôznych výrobcov

Z obrázku 7 jednoznačne vyplýva, že z hľadiska výkonnosti brúsiaceho prostriedku je dôležitý aj výrobca. Brúsiace pásy mali rovnaké všetky vstupné charakteristiky. Pre zvolenú drevinu buk a jeden prítlak sa získali rozdielne krivky výkonnosti v celom sledovanom intervale, výkonnosť pri páse Klingspor bola o 20 % vyššia v porovnaní s brúsiacimi pásmi UNION-VIS.



Obr. 7 Krivky výkonnosti brúsiacich prostriedkov od rôznych výrobcov pre buk [10]



## ZÁVER

Záverom možno konštatovať, že aj keď sa realizovali laboratórne experimenty, výsledky vplyvu jednotlivých faktorov boli jednoznačné a určite sa prejavujú obdobným priebehom aj v praxi a preto je veľmi dôležité ich správne navoliť.

- Veľkosť prílačnej sily brúsiaceho prostriedku na povrch dielca je závislá od druhu dreveniny ako aj smeru brúsenia.
- Pri prevládajúcom pozdĺžnom brúsení vznikajú najmä pri ihličnatých drevinách dlhšie vláknité triesky, ktoré iným spôsobom zaplňajú priestor medzi zrnami ako prachové častice.
- Pri mäkkých roztrúsene pórovitých drevinách je výrazne vyšší odbrus v počiatkovej fáze brúsenia a veľké množstvo vzniknutých triesok rýchlo zaplní priestor medzi zrnami a výkonnosť brúsiaceho prostriedku veľmi rýchlo klesá.

Na základe našich experimentov možno konštatovať, že je veľmi dôležité správne zvoliť kvalitný brúsiaci prostriedok v závislosti od technologickej operácie, prevládajúceho smeru brúsenia voči drevným vláknam ako aj brúseným drevinám.

## LITERATÚRA:

- [1] KATO, C. - FUKUI, H. The cutting force and the stock removal rate of coated abrasives in sanding wood under constant sanding pressure. In *Journal of the Japan Wood Research Society*. 1976. Vol. 22, s. 349–356.
- [2] MATSUMOTO, H.A. - MURASE, Y. The effects of sanding pressure and grit size on both AE and sanding performance in disc sanding process. In *Proceedings of the 14th International Wood Machining Seminar*. 1999. s. 653–662.
- [3] MIAO, T. - LI, L. Study on influencing factors of sanding efficiency of abrasive belts in wood materials sanding. In *Wood Research*. 2014. Vol. 59, no. 5, s. 835–842.
- [4] OČKAJOVÁ, A. *Analýza faktorov v procese plošného brúsenia dreva*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2002. 62 s. ISBN 978-80-228-1185-8.
- [5] OČKAJOVÁ, A. et al. Efficiency of Sanding Belts for Beech and Oak Sanding. In *BioResources*. 2016. Vol. 11, no. 2, s. 5242–5254.
- [6] OČKAJOVÁ, A. et al. Granulometric Analysis of Sanding Dust from Selected Wood Species. In *BioResources*. 2018. Vol. 13, no. 4, s. 7481–7495.
- [7] OČKAJOVÁ, A. et al. Physico-mechanical phenomenons in sanding process of natural and modified wood. In *Proceedings of the 14th International Wood Machining Seminar Paris, Epinal, Cluny*. Montpellier, 1999. s. 691–700.
- [8] OČKAJOVÁ, A. Sand belt running time and its wear. In *Acta Facultatis Xylologiae Zvolen*. 1999. s. 9–13.
- [9] OČKAJOVÁ, A. et al. Sand belt wear in the dependence on sanding direction for beech, alder, oak and pine samples. In *IWMS 16: proceedings of the 16th international wood machining seminar*. Matsue, Japan: Faculty of science and engineering, Shimane University, 2003. s. 539–545.
- [10] OČKAJOVÁ, A. et al. Sustainable Manufacturing Process in the Context of Wood Processing by Sanding. In *Coatings*. 2021. Vol. 11, no. 12, s. 1463.
- [11] OČKAJOVÁ, A. - SIKLIENKA, M. The influence of chosen factors of wood sanding upon the efficiency of sand belt. In *Drevársky Výskum*. 2000. Vol. 45, no. 2, s. 33–38.
- [12] POŽGAJ, A. et al. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 2. vyd. Bratislava: Príroda, 1997. 485 s. ISBN 80-07-00960-4.
- [13] RATNASINGAM, J. et al. The productivity imperatives in coated abrasives–Application in furniture manufacturing. In *Holz als Roh-und Werkstoff*. 1999. Vol. 57, no. 2, s. 117–120.
- [14] SALONI, D.E. et al. Abrasive machining process characterization on material removal rate, final surface texture, and power consumption for wood. In *Forest products journal*. 2005. Vol. 55, no. 12, s. 35–41.
- [15] SALONI, D.E. et al. Control system evaluation and implementation for the abrasive machining process on wood. In *BioResources*. 2011. Vol. 6, no. 3, s. 2763–2775.
- [16] SALONI, D.E. et al. Process Monitoring Evaluation and Implementation for the Wood Abrasive Machining Process. In *Sensors*. 2010. Vol. 10, no. 11, s. 10401–10412.





- [17] SIKLIENKA, M. et al. *Delenie a obrábanie dreva*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2017. 357 s. ISBN 978-80-228-2845-1.
- [18] SIKLIENKA, M. et al. Monitorovacie zariadenie pre sledovanie kontaktných javov pri brúsení dreva. In *Zborník referátov „Stroj-nástroj-obrobok“*. Nitra, 1999. s. 117–121.
- [19] SIKLIENKA, M. - OČKAJOVÁ, A. The study of selected parameters in wood sanding in the dependence on sanding pressure. In *Proceedings of the 15th international wood machining seminar*. Berkeley: Wood Machining Institute, 2001. s. 485–490.
- [20] TAYLOR, J.B. et al. Experimental modeling of the sanding process: the relationship between input and output parameters. In *Proceedings of the 14th International Wood Machining Seminar*. 1999. s. 73–82.

### **PodĎakovanie:**

Článok vznikol s podporou projektu VEGA 1/0323/23.

### **Adresa autorov:**

prof. Ing. Alena Očkajová, PhD.  
Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici  
Fakulta prírodných vied  
Katedra techniky a technológií  
Tajovského 40  
974 01 Banská Bystrica  
alena.ockajova@umb.sk

Ing. Martin Kučerka, PhD.  
Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici  
Fakulta prírodných vied  
Katedra techniky a technológií  
Tajovského 40  
974 01 Banská Bystrica  
Slovakia  
martin.kucerka@umb.sk



## DRSNOSŤ POVRCHU NÁBYTKOVÝCH DIELCOV Z BUKOVÉHO DREVA OPRACOVANÝCH NA CNC STROJI

Gabriela Slabejová – Lukáš Adamčík – Maroš Ďurík

### Abstrakt:

Príspevok sa zaoberá vplyvom obrábania na CNC stroji na drsnosť povrchu nábytkových dielcov z bukového dreva. Sledovaný je vplyv rôznych posuvných rýchlostí od 1 m/min do 10 m/min na drsnosť a to na ploche radiálnej a tangenciálnej. Analyzovaný je vplyv vzdialenosti nástroja od konca užitočnej vzdialenosti frézy (pozícia 1 a 2) na drsnosť povrchu. Drsnosť bola hodnotená pomocou digitálneho mikroskopu, na základe merania dvoch parametrov. Jeden parameter bola priemerná aritmetická hodnota absolútnych hodnôt výškových odchýlok od strednej línie ( $R_a$ ) a druhým parametrom bola priemerná maximálna výška profilu, ktorá predstavuje rozdiel medzi najvyšším a najnižším bodom povrchového profilu ( $R_z$ ). Z výsledkov možno konštatovať, že kombinácia stanovených možností rýchlosti posuvu v rozmedzí od 1 m/min až do 10 m/min pri konštantných otáčkach nástroja je optimálna pre dosiahnutie rovnomernej kvality drsnosti nábytkových dielcov z bukového dreva s radiálnym povrchom, z pohľadu parametrov  $R_a$  a  $R_z$  v pozícii 1 a 2. Vplyv rýchlosti posuvu v rozsahu 1 m/min až 10 m/min pri opracovaní tangenciálnej plochy nábytkových dielcov z bukového dreva je významný v pozícii frézy 1 len na parameter  $R_z$  v rýchlostiach 2 m/min a 10 m/min. Rovnako aj v pozícii 2 len na parameter  $R_z$  v rýchlostiach 1-4 m/min a 9 m/min.

**Kľúčové slová:** bukové drevo, CNC obrábanie, drsnosť, kvalita povrchu

### ÚVOD

Bukové drevo je jedným z najpoužívanějších druhov dreva na výrobu nábytku, podláh a schodísk. Má svoju nezameniteľnú textúru. Výrobky z bukového dreva sú najčastejšie upravované transparentnými náterovými látkami. Aby sme dosiahli kvalitnú povrchovú úpravu, je potrebné pripraviť podklad na požadovanú úroveň a vybrať vhodnú náterovú látku. Jednou z vlastností povrchu podkladu, ktorý sa má povrchovo upravovať, je drsnosť (Piernik a kol., 2023; Smajic a kol., 2020; Adamčík a kol., 2023; Zhu a kol., 2022). Následne drsnosť ovplyvňuje aj zrnitosť (Jankowska a kol., 2021) a príľnavosť.

Jovanović a kol. (2020) sa zaoberali vplyvom rôznych druhov opracovania povrchu dreva na drsnosť povrchu. Konkrétne skúmali drsnosť na bukovom a dubovom dreve po opracovaní frézovaním a brúsením. Kúdela a kol. (2018) sa tiež zaoberali podobnou problematikou. Skúmali vplyv opracovania dreva frézovaním a brúsením na povrchovú morfológiu bukového a smrekového dreva.

Práca Ibrišević (2023) sa zaoberá vplyvom rýchlostí rezania pri CNC frézovaní na kvalitu povrchu dreva. Poukazuje na to, že pri rozličných otáčkach a rovnakom posune nastáva jav, že so zvyšujúcimi sa otáčkami kvalita povrchu sa zvyšuje. Kminiak a kol. (2020) sa zaoberajú vplyvom stratégie obrábania na výslednú kvalitu MDF dosky. Práca Pinkowski a kol. (2018) rozširuje rozsah skúmaných premenných o rýchlosti otáčania vretena, pričom sa sústreďujú na širšie spektrum experimentálnych podmienok. Pinkowski a kol. (2018) dokázali, že kvalita povrchu bukového dreva sa zhoršuje pri ním testovanom posuve 63,8 m/min a to zásadne.

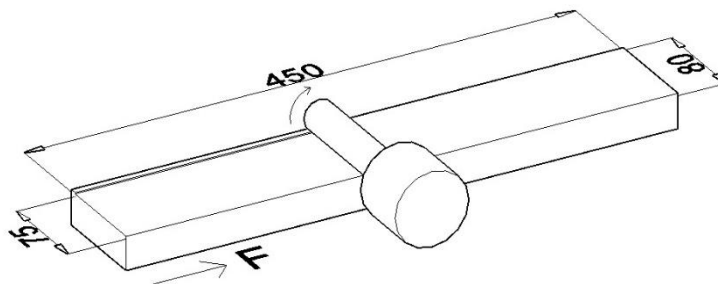


Vplyvom vybraných vodou riediteľných náterových látok na výslednú drsnosť povrchu bukoveho dreva sa zaoberala práca Slabejová a Mózsa (2010) a vplyvom silikónových náterov na drsnosť sa zaoberala práca Slabejová a kol. (2018).

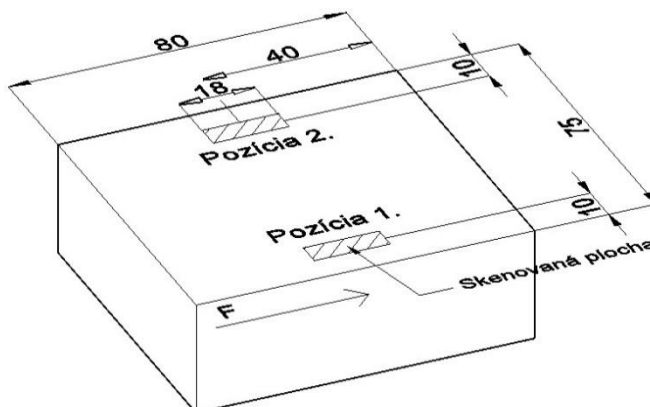
Predložená práca sa zaoberá vplyvom rýchlosti posuvu pri obrábaní na CNC stroji nábytkových dielcov z bukoveho dreva, na drsnosť povrchu. Práca sa zameriava na analýzu drsnosti radiálnych a tangenciálnych povrchov bukoveho dreva, pri konštantných otáčkach stroja  $n = 18000$  ot/min a rôznych posuvných rýchlostiach v rozmedzí od 1 m/min do 10 m/min. Zároveň analyzuje vplyv vzdialenosti nástroja od konca užitočnej vzdialenosti frézy (pozícia 1 a 2) na drsnosť povrchu.

## MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

V experimentálnej časti boli použité skúšobné telesá z buka lesného (*Fagus sylvatica* L.) o rozmeroch 450 mm × 80 mm × 28 mm (obr. 1), hustote 710 kg/m<sup>3</sup> a vlhkosti 12 %. Tieto telesá boli obrábané na CNC stroji a získali sme menšie skúšobné telesá o rozmeroch 80 mm × 80 mm × 27 mm (obr. 2), na ktorých bola meraná drsnosť. Skúšobné telesá boli rozdelené do dvoch súborov podľa hodnotenej plochy, na radiálne a tangenciálne.

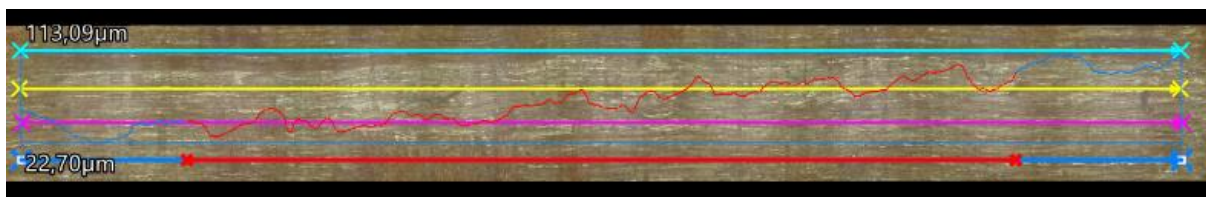


Obr. 1: Obrábané skúšobné teleso na CNC stroji.



Obr. 2: Skúšobné teleso po obrobení na CNC stroji.

Meraním drsnosti na skúšobných telesách (obr. 2), na pozíciách 1 a 2 sme analyzovali vplyv vzdialenosti nástroja od konca užitočnej vzdialenosti frézy. Na pozícii 1 sme merali 10 mm od konca užitočnej vzdialenosti frézy, zatiaľ čo na pozícii 2 sme merali 10 mm od začiatku užitočnej vzdialenosti frézy. Veľkosť skenovanej plochy bola 18 mm × 2 mm. Línie merania drsnosti sú zobrazené na obr. 3.



Obr. 3: Línie merania drsnosti na pozíciách 1 a 2.

Na každom skene boli stanovené 4 línie merania drsnosti (obr.3) a hodnotili sa nasledovné parametre:

- $R_a$  ( $\mu\text{m}$ ) - priemerná aritmetická hodnota absolútnych hodnôt výškových odchýlok od strednej línie.
- $R_z$  ( $\mu\text{m}$ ) - priemerná maximálna výška profilu, ktorá predstavuje rozdiel medzi najvyšším a najnižším bodom povrchového profilu.

### CNC stroj

V experimentálnej časti bol použitý CNC stroj Homag Venture 311. Parametre CNC stroja použitého na obrábanie skúšobných telies sú nasledovné: Obrábací stroj je 5-osový CNC stroj vybavený päťosovým uchytением nástroja. Použitý nástroj bol monolitický spekaný karbid s povrchovou úpravou TiN, priemer nástroja dosahoval 25 mm a užitočná dĺžka nástroja bola 75 mm. Otáčky nástroja boli nastavené na 18 000 otáčok za minútu. Frézovanie bolo nesúvislé s počiatočným nábehom frézovania 8 cm, čo zabezpečilo požadovanú rýchlosť posuvu pri prvom kontakte frézy s obrobkom. Tieto parametre zabezpečujú optimálnu konfiguráciu pre presné a efektívne obrábanie vzoriek. Pri obrábaní na CNC stroji sa zohľadňovali technické parametre obrábacieho nástroja, ako sú užitočná výška nástroja, priemer nástroja, počet zubov nástroja a pozitívny sklon špirály nástroja.

Obrábanie (frézovanie) skúšobných telies bolo pri nasledovných parametroch:

- posuv  $v_f = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$  m/min,
- konštantné otáčky  $n = 18\,000$  ot/min,
- hĺbka frézovania 75 mm,
- priemer frézy 25mm,
- počet zubov frézy 3,
- sklon frézy pozitívny,
- povlakovaný monolit karbidu TiN.

### Meranie drsnosti

Meranie drsnosti sa vykonávalo pomocou digitálneho mikroskopu Keyence VHX 7000, ktorý je vybavený vysokovýkonnou kamerou a optikou s možnosťou zväčšenia od  $100\times$  do  $1000\times$ . Pre účely nášho merania sme použili zväčšenie  $100\times$ . Drsnosť bola meraná v dvoch pozíciách na každej vzorke: 10 mm od hrany (pozícia 1) a 10 mm od zadného okraja (pozícia 2). Tieto pozície boli zvolené na posúdenie možného vplyvu vibrácií nástroja na drsnosť povrchu bukového dreva. Merané a vyhodnotené boli parametre  $R_a$  a  $R_z$ .

Pri meraní boli nastavené špecifické hodnoty pre parametre drsnosti, a to:  $\lambda_s = 8\ \mu\text{m}$ ,  $\lambda_c = 2.5\ \text{mm}$ , pričom boli aktivované funkcie korekcie okraja a dvojité Gaussov filter.



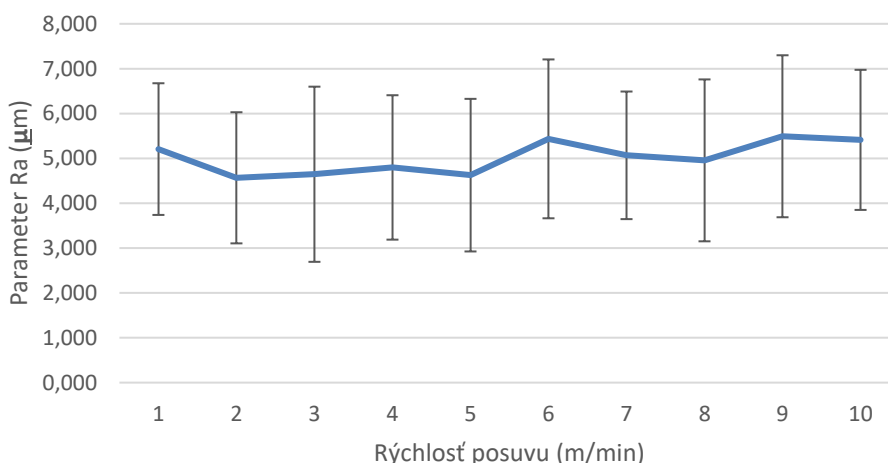
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Radiálna plocha

Na obrázku 4a sú v grafe zobrazené priemerné hodnoty parametra  $Ra$  na radiálnych plochách v závislosti na posuvnej rýchlosti merané v pozícii 1. V tabuľke 1 sú uvedené štatistické charakteristiky: smerodajná odchýlka a variačný koeficient.

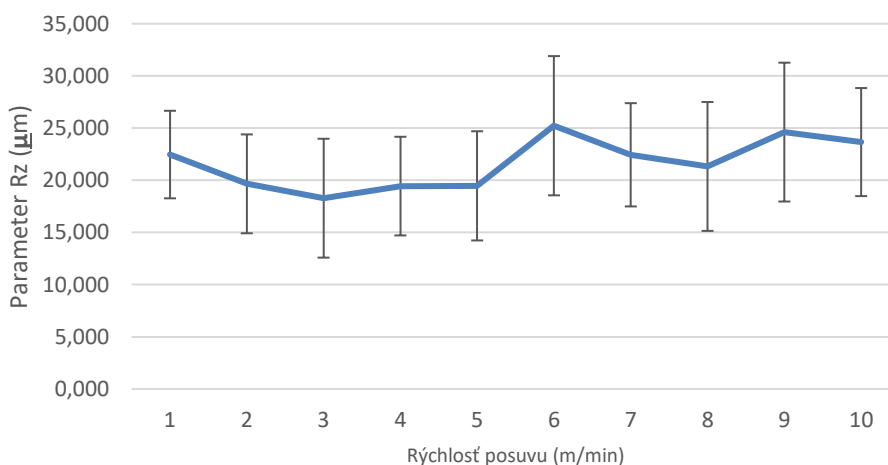
Na obrázku 4b sú v grafe zobrazené priemerné hodnoty parametra  $Rz$  na radiálnych plochách v závislosti na posuvnej rýchlosti merané v pozícii 1. V tabuľke 2 sú uvedené štatistické charakteristiky: smerodajná odchýlka a variačný koeficient.

### Radiálny rez - Výsledky $Ra$



a)

### Radiálny rez - Výsledky $Rz$



b)

**Obr. 4: Závislosť parametrov drsnosti:  
a)  $Ra$ , b)  $Rz$ , na rýchlosti posuvu na radiálnych plochách v pozícii 1.**

Z grafu (obr. 4a) vyplýva, že najnižšia priemerná hodnota  $Ra$  bola  $4,57 \mu\text{m}$  pri posuve frézy  $2 \text{ m/min}$ . Naopak, najvyššia priemerná hodnota  $Ra$  bola  $5,49 \mu\text{m}$  pri posuve frézy  $9 \text{ m/min}$ . Z toho vyplýva, že rozdiel medzi najnižšou a najvyššou hodnotou  $Ra$  bol  $0,93 \mu\text{m}$ . Z grafu (obr. 4a) vidíme, že rozdiely v parametri  $Ra$  vplyvom rozdielnej posuvnej rýchlosti sú





štatisticky nevýznamné. Pre praktické využitie je vhodnejšie použitie rýchlejšieho posuvu, pretože rozdiel medzi kvalitou povrchu a ekonomickou náročnosťou v čase je významný. Pri použití najrýchlejšieho posuvu (10 m/min) zo sledovaných, sme dosiahli porovnateľnú drsnosť povrchu, ako pri posuve 1 m/min. Pri sledovaných rýchlostiach posuvu sa nepresiahla hranica, kde by bol tento posuv považovaný za nevyhovujúci z hľadiska kvality povrchu.

Z grafu (obr. 4b) vyplýva, že najnižšia priemerná hodnota  $Rz$  bola 18,28  $\mu\text{m}$  pri posuve frézy 3 m/min. Naopak, najvyššia priemerná hodnota  $Rz$  bola 26,23  $\mu\text{m}$  pri posuve frézy 6 m/min. Z toho vyplýva, že rozdiel medzi najnižšou a najvyššou hodnotou  $Rz$  bol 7,94  $\mu\text{m}$ .

V prípade charakteristiky  $Rz$  v pozícii 1 je smerodajná odchýlka menšia ako rozdiel medzi najvyššou a najnižšou hodnotou. Z grafu (obr. 4b) môžeme vysloviť tvrdenie, že vplyv rýchlosti posuvu na charakteristiku  $Rz$  je nevýznamný.

**Tabuľka 1. Štatistické charakteristiky parametra  $Ra$  na radiálnych plochách v pozícii 1**

Posun $v_f$ (m/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Smerodajná odchýlka	1,47	1,46	1,95	1,61	1,70	1,77	1,42	1,81	1,81	1,56
Variačný koeficient	0,28	0,32	0,42	0,34	0,37	0,33	0,28	0,36	0,33	0,29

**Tabuľka 2. Štatistické charakteristiky parametra  $Rz$  na radiálnych plochách v pozícii 1**

Posun $v_f$ (m/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Smerodajná odchýlka	4,19	4,74	5,69	4,73	5,23	6,67	4,95	6,17	6,65	5,18
Variačný koeficient	0,19	0,24	0,31	0,24	0,27	0,26	0,22	0,29	0,27	0,22

Na obrázku 5a sú v grafe zobrazené priemerné hodnoty parametra  $Ra$  na radiálnych plochách v závislosti na posuvnej rýchlosti merané v pozícii 2. Na obrázku 5b sú v grafe zobrazené priemerné hodnoty parametra  $Rz$  na radiálnych plochách v závislosti na posuvnej rýchlosti merané v pozícii 2. V tabuľke 3 a 4 sú uvedené štatistické charakteristiky: smerodajná odchýlka a variačný koeficient.

**Tabuľka 3. Štatistické charakteristiky parametra  $Ra$  na radiálnych plochách v pozícii 2**

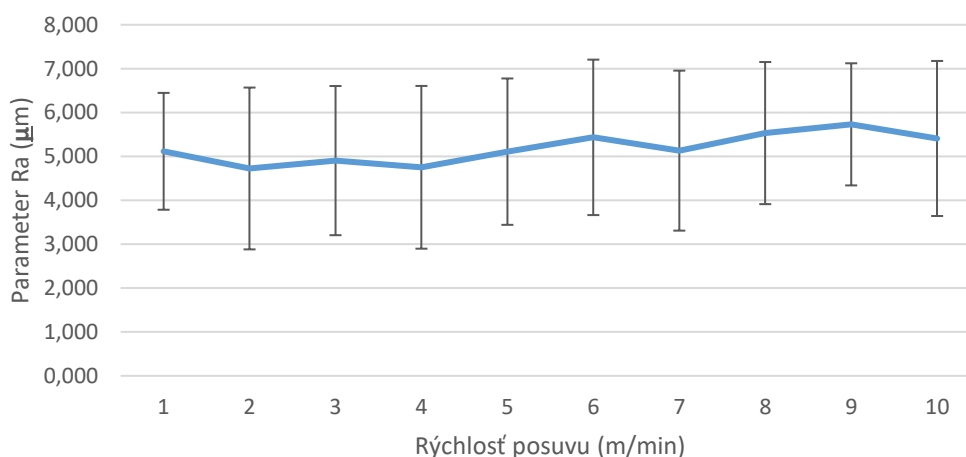
Posun $v_f$ (m/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Smerodajná odchýlka	1,33	1,84	1,70	1,85	1,67	1,77	1,82	1,62	1,39	1,77
Variačný koeficient	0,26	0,39	0,35	0,39	0,33	0,33	0,36	0,29	0,24	0,33



**Tabuľka 4. Štatistické charakteristiky parametra  $R_z$  na radiálnych plochách v pozícii 2**

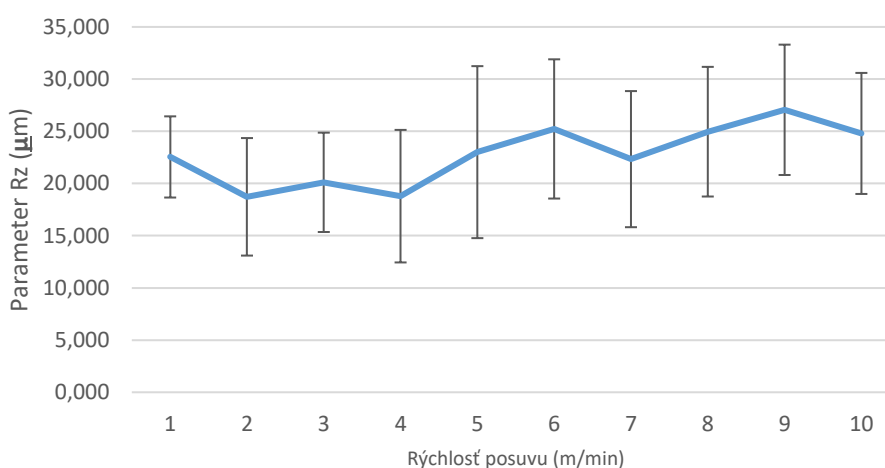
Posun $v_f$ (m/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Smerodajná odchýlka</b>	3,89	5,63	4,76	6,35	8,24	6,67	6,52	6,21	6,25	5,80
<b>Variačný koeficient</b>	0,17	0,30	0,24	0,34	0,36	0,26	0,29	0,25	0,23	0,23

**Radiálny rez - Výsledky  $R_a$**



a)

**Radiálny rez - Výsledky  $R_z$**



b)

**Obr. 5: Závislosť parametrov drsnosti:  
 a)  $R_a$ , b)  $R_z$ , na rýchlosti posuvu na radiálnych plochách v pozícii 2.**

Z grafu (obr. 5a) vyplýva, že najnižšia priemerná hodnota  $R_a$  bola 4,73 µm pri posuve frézy 2 m/min. Naopak, najvyššia priemerná hodnota  $R_a$  bola 5,73 µm pri posuve frézy 9 m/min. Z toho vyplýva, že rozdiel medzi najnižšou a najvyššou hodnotou  $R_a$  bol 1,00 µm. Z



grafu (obr. 5a) vidíme, že rozdiely v parametre  $Ra$  v pozícii 2 vplyvom rozdielnej posuvnej rýchlosti sú štatisticky nevýznamné.

Z grafu (obr. 5b) vyplýva, že najnižšia priemerná hodnota  $Rz$  bola  $18,73 \mu\text{m}$  pri posuve frézy  $2 \text{ m/min}$ . Naopak, najvyššia priemerná hodnota  $Rz$  bola  $27,04 \mu\text{m}$  pri posuve frézy  $9 \text{ m/min}$ . Z toho vyplýva, že rozdiel medzi najnižšou a najvyššou hodnotou  $Rz$  bol  $8,31 \mu\text{m}$ .

### Tangenciálna plocha

Na obrázku 6a sú v grafe zobrazené priemerné hodnoty parametra  $Ra$  a na obrázku 6b sú v grafe zobrazené priemerné hodnoty parametra  $Rz$ , na tangenciálnych plochách v závislosti na posuvnej rýchlosti merané v pozícii 1. V tabuľke 5 a 6 sú uvedené štatistické charakteristiky: smerodajná odchýlka a variačný koeficient.

**Tabuľka 5. Štatistické charakteristiky parametra  $Ra$  na tangenciálnych plochách v pozícii 1**

Posun $v_f$ (m/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Smerodajná odchýlka	1,70	1,76	1,84	1,86	2,11	2,05	2,03	1,79	1,77	1,55
Variačný koeficient	0,36	0,40	0,42	0,42	0,41	0,44	0,42	0,39	0,33	0,26

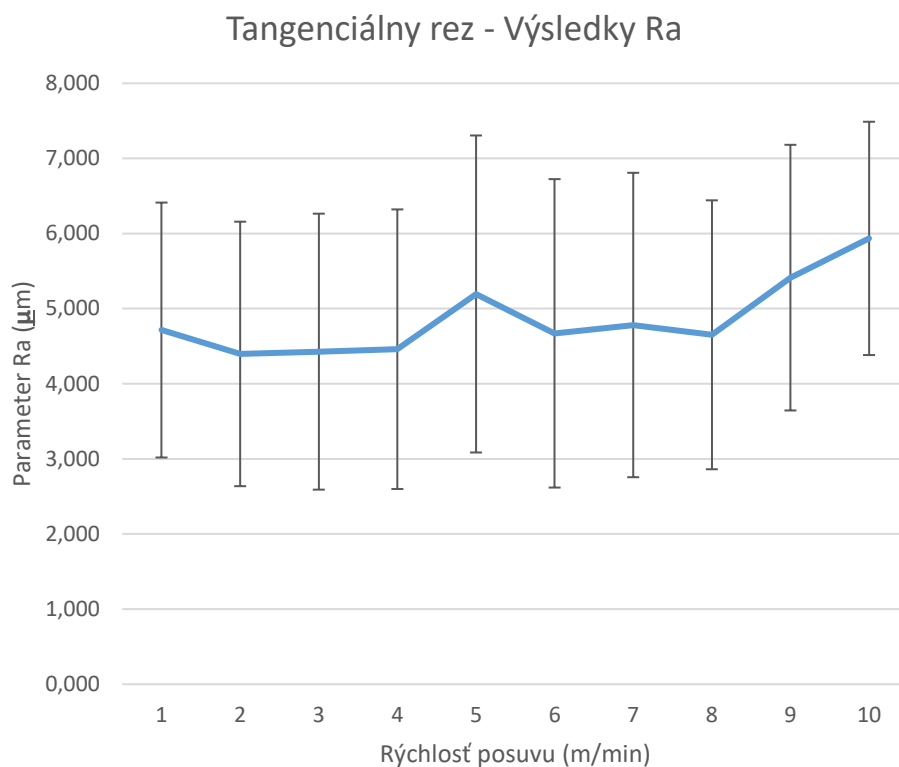
**Tabuľka 6. Štatistické charakteristiky parametra  $Rz$  na tangenciálnych plochách v pozícii 1**

Posun $v_f$ (m/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Smerodajná odchýlka	5,68	5,15	5,97	6,16	6,86	7,65	7,52	5,93	5,93	4,76
Variačný koeficient	0,29	0,29	0,33	0,34	0,29	0,38	0,36	0,30	0,24	0,17

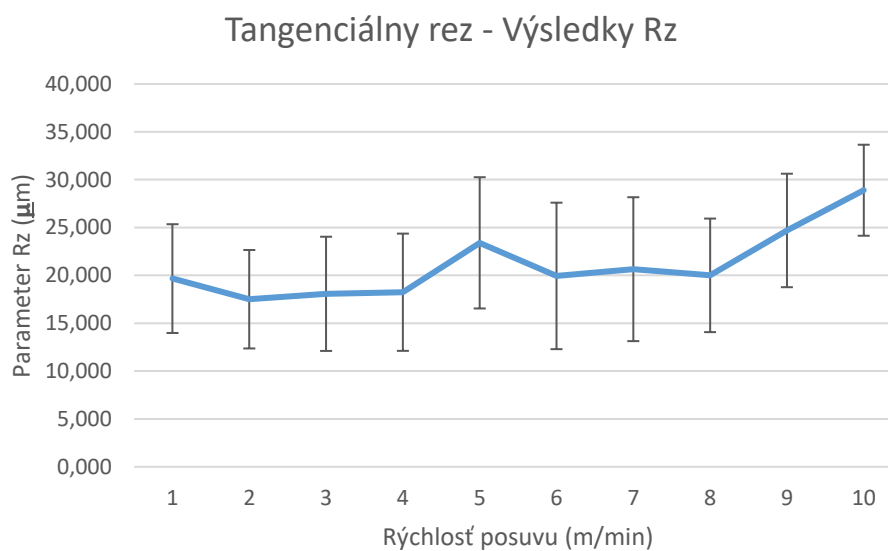
Z grafu (obr. 6a) vyplýva, že najnižšia priemerná hodnota  $Ra$  bola  $4,36 \mu\text{m}$  pri posuve frézy  $2 \text{ m/min}$ . Naopak, najvyššia priemerná hodnota  $Ra$  bola  $5,94 \mu\text{m}$  pri posuve frézy  $10 \text{ m/min}$ . Z toho vyplýva, že rozdiel medzi najnižšou a najvyššou hodnotou  $Ra$  bol  $1,58 \mu\text{m}$ . Z grafu (obr. 6a) vidíme, že rozdiely v parametre  $Ra$  vplyvom rozdielnej posuvnej rýchlosti sú štatisticky nevýznamné aj na tangenciálnych plochách v pozícii 1.

Z grafu (obr. 6b) vyplýva, že najnižšia priemerná hodnota  $Rz$  bola  $17,51 \mu\text{m}$  pri posuve frézy  $2 \text{ m/min}$ . Naopak, najvyššia priemerná hodnota  $Rz$  bola  $28,90 \mu\text{m}$  pri posuve frézy  $10 \text{ m/min}$ . Z toho vyplýva, že rozdiel medzi najnižšou a najvyššou hodnotou  $Rz$  bol  $11,39 \mu\text{m}$ .

Môžeme tvrdiť, že vplyv rýchlosti posuvu na parameter  $Rz$  na tangenciálnych plochách v pozícii 1 je významný, napríklad pri rýchlostiach  $2 \text{ m/min}$  a  $10 \text{ m/min}$ .



a)



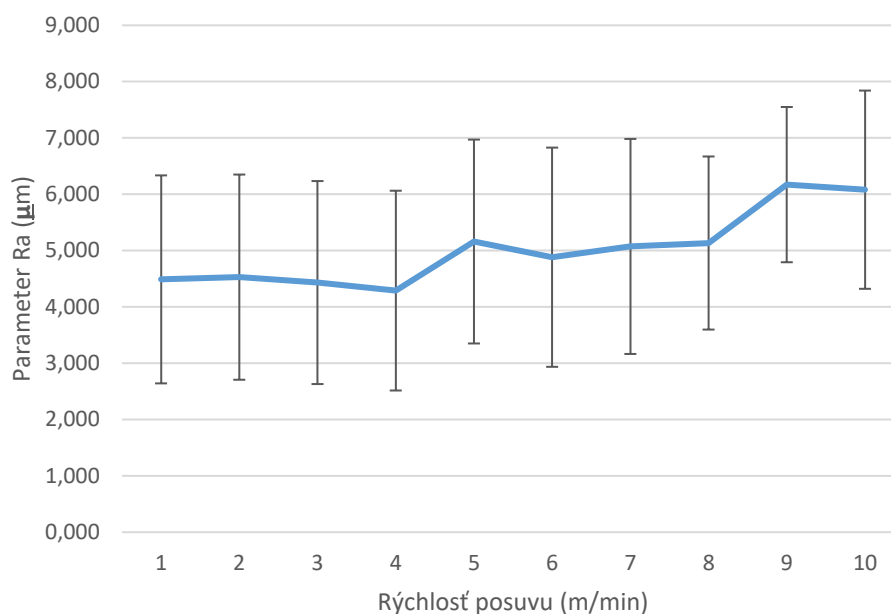
b)

**Obr. 6: Závislosť parametrov drsnosti:**  
a) Ra, b) Rz, na rýchlosti posuvu na tangenciálnych plochách v pozícii 1.

Na obrázku 7a sú v grafe zobrazené priemerné hodnoty parametra  $Ra$  a na obrázku 7b sú v grafe zobrazené priemerné hodnoty parametra  $Rz$ , na tangenciálnych plochách v závislosti na posuvnej rýchlosti merané v pozícii 2. V tabuľke 7 a 8 sú uvedené štatistické charakteristiky: smerodajná odchýlka a variačný koeficient.

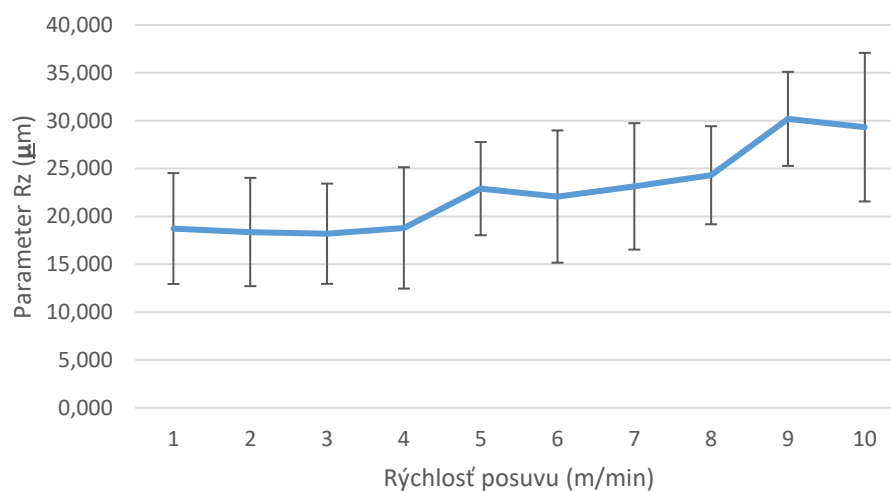


### Tangenciálny rez - Výsledky Ra



a)

### Tangenciálny rez - Výsledky Rz



b)

**Obr. 7: Závislosť parametrov drsnosti:  
a) Ra, b) Rz, na rýchlosti posuvu na tangenciálnych plochách v pozícii 2.**

Z grafu (obr. 7a) vyplýva, že najnižšia priemerná hodnota  $Ra$  bola 4,29 µm pri posuve frézy 4 m/min. Naopak, najvyššia priemerná hodnota  $Ra$  bola 6,17 µm pri posuve frézy 9 m/min. Z toho vyplýva, že rozdiel medzi najnižšou a najvyššou hodnotou  $Ra$  bol 1,88 µm. Z grafu (obr. 7a) vidíme, že rozdiely v parametri  $Ra$  vplyvom rozdielnej posuvnej rýchlosti sú vo vybraných prípadoch štatisticky významné. Napríklad pri rýchlostiach 2 m/min a 10 m/min. Pre praktické využitie a dosiahnutie najlepšej kvality povrchu, je vhodné použitie posuvu 4 m/min.





Z grafu (obr. 7b) vyplýva, že najnižšia priemerná hodnota  $R_z$  bola 18,19  $\mu\text{m}$  pri posuve frézy 3 m/min. Naopak, najvyššia priemerná hodnota  $R_z$  bola 30,19  $\mu\text{m}$  pri posuve frézy 9 m/min. Z toho vyplýva, že rozdiel medzi najnižšou a najvyššou hodnotou  $R_z$  bol 12,00  $\mu\text{m}$ . Vplyv posuvnej rýchlosti na parameter  $R_z$  na tangenciálnych plochách v pozícii 2 je štatisticky významný.

**Tabuľka 7. Štatistické charakteristiky parametra  $R_a$  na tangenciálnych plochách v pozícii 2**

Posun $v_f$ (m/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Smerodajná odchýlka	1,85	1,82	1,80	1,77	1,81	1,95	1,91	1,54	1,38	1,76
Variačný koeficient	0,41	0,40	0,41	0,41	0,35	0,40	0,38	0,30	0,22	0,29

**Tabuľka 8. Štatistické charakteristiky parametra  $R_z$  na tangenciálnych plochách v pozícii 2**

Posun $v_f$ (m/min)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Smerodajná odchýlka	5,79	5,66	5,24	6,34	4,87	6,91	6,61	5,12	4,91	7,76
Variačný koeficient	0,31	0,31	0,29	0,34	0,21	0,31	0,29	0,21	0,16	0,27

Výsledky experimentálnych meraní ukázali, že nižšie rýchlosti posuvu vedú v priemere k lepšej kvalite povrchu, ale tento rozdiel drsnosti pri rôznych otáčkach od 1 m/min až 10 m/min je štatisticky nevýznamný na radiálnych plochách pre parameter  $R_a$  aj  $R_z$ . Na tangenciálnych plochách sa preukázala štatistická významnosť vplyvu rýchlosti posuvu na drsnosť pri parametri  $R_z$ , ale len pri niektorých rýchlostiach.

V práci Pinkowský a kol. (2018) je dokázané, že kvalita povrchu bukového dreva sa zhoršuje pri nimi testovanom posuve 63,8 m/min a to zásadne. V rozsahu od 1m/min do 10 m/min sa kvalita povrchu zásadne nemenila.

Práca Kminiak a kol (2020) sa zaoberá vplyvom stratégie obrábania na výslednú kvalitu MDF dosky kde bola skúmaná stratégia súsledného a nesúsledného obrábania, kde parametre posuvu boli v rozmedzí 1-5 m/min a ukázalo sa, že pri MDF doske mal posuv zásadný vplyv na kvalitu povrchu.

Práce Pinkowski a kol. (2018), Kminiak a kol. (2020) a Ibrišević (2023) potvrdzujú názor, že pre dosiahnutie optimálnej kombinácie kvality povrchu obrábaného materiálu a efektivity obrábania je nevyhnutné adekvátne nastaviť nielen rýchlosť posuvu, ale aj otáčky vretena a hĺbku rezu.



## ZÁVER

Z experimentálnych meraní môžeme vyvodiť nasledovné závery:

- Vplyv rýchlosti posuvu v rozsahu 1 m/min až 10 m/min pri opracovaní radiálnej plochy nábytkových dielcov z bukového dreva na CNC stroji Homag Venture 311 nie je významný v pozícii frézy 1 ani 2.
- Vplyv rýchlosti posuvu v rozsahu 1 m/min až 10 m/min pri opracovaní tangenciálnej plochy nábytkových dielcov z bukového dreva na CNC stroji Homag Venture 311 je významný v pozícii frézy 1 len na parameter  $R_z$  v rýchlostiach 2 m/min a 10 m/min. Rovnako aj v pozícii 2 len na parameter  $R_z$  v rýchlostiach 1-4 m/min a 9 m/min.

## LITERATÚRA:

- ADAMČÍK, L., DZURENDA, L., BANSKI, A., KMINIAK, R. (2023). Comparison of Surface Roughness of Beech Wood after Sanding with an Eccentric and Belt Sander. *Forests*, 15(1), 45.
- IBRIŠEVIĆ, A., BUSULADŽIĆ, I., OBUČINA, M., HAJDAREVIĆ, S. (2023, June). Influence of different cutting speeds on CNC milling on surface roughness of objects made from steamed and heat-treated beech wood. In *International Symposium on Innovative and Interdisciplinary Applications of Advanced Technologies* (pp. 501-508). Cham: Springer Nature Switzerland.
- JANKOWSKA, A., KOZAKIEWICZ, P., ZBIEĆ, M. (2021). The Effects of Slicing Parameters on Surface Quality of European Beech Wood. *Drvna industrija*, 72(1), 57-63.
- JOVANOVIĆ, J., SMAJIĆ, S., BELJO LUČIĆ, R. (2020). Influence of different machining on the surface roughness of beech wood samples. In *13th International Scientific Conference WoodEMA 2020 and 31st International Scientific Conference ICWST 2020: Sustainability of Forest-Based Industries in the Global Economy* (pp. 355-360)
- KMINIAK, R., SIKLIENKA, M., IGAZ, R., KRIŠŤÁK, E., GERGEL, T., NĚMEC, M., RÉH, R., OČKAJOVÁ, A., KUČERKA, M. (2020). Effect of cutting conditions on quality of milled surface of medium-density fibreboards. *BioResources*, 15(1), 746.
- KÚDELA, J., MRENICA, L., JAVOREK, L. (2018). The influence of milling and sanding on wood surface morphology. *Acta Facultatis – Xylogologiae*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2018. Dostupné z: doi:10.17423/afx.2018.60.1.08
- PIERNIK, M., PINKOWSKI, G., KRAUSS, A. (2023). Effect of chip thickness, wood cross-sections, and cutting speed on surface roughness and cutting power during up-milling of beech wood. *BioResources*, 18(4), 6784.
- PINKOWSKI, G., SZYMAŃSKI, W., KRAUSS, A., STEFANOWSKI, S. (2018). Effect of sharpness angle and feeding speed on the surface roughness during milling of various wood species. *BioResources*, 13(3), 6952-6962.
- SLABEJOVÁ, G., MÓZA, M. (2010). Vplyv vybraných faktorov na drsnosť povrchu dreva upraveného vodou riediteľnými náterovými látkami. *Acta Facultatis – Xylogologiae*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010. ISSN 1336-3824.
- SLABEJOVÁ, G., ŠMIDRIAKOVÁ, M., PÁNIS, D. (2018). Quality of silicone coating on the veneer surfaces. *BioResources*, 13(1), 776-788.
- SMAJIC, S., JOVANOVIĆ, J., LUCIC, R. B. (2020). Effect of Different Processing on the Roughness of Oak and Beech Wood. *DAAAM International Scientific Book*, 18, 217-226.
- ZHU, Z., JIN, D., WU, Z., XU, W., YU, Y., GUO, X., WANG, X. (2022). Assessment of surface roughness in milling of beech using a response surface methodology and an adaptive network-based fuzzy inference system. *Machines*, 10(7), 567.



### **Pod'akovanie:**

Túto prácu podporila vedecká grantová agentúra ministerstvo školstva, výskumu, vývoja a mládeže Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied – grant VEGA 1/0264/22 a Agentúra na podporu výskumu a vývoja – grant APVV-21-0051. Práca je financovaná EÚ NextGenerationEU prostredníctvom Plánu obnovy a odolnosti SR v rámci projektu č. 09I03-03-V05-00016“.

### **Adresy autorov**

Ing. Gabriela Slabejová, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra nábytku a drevárskych  
výrobkov  
T.G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen, Slovakia  
slabejova@tuzvo.sk

Ing. Maroš Ďurík  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra nábytku a drevárskych  
výrobkov  
T.G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen, Slovakia  
slabejova@tuzvo.sk

Ing. Lukáš Adamčík  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
Katedra obrábania dreva  
T.G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen, Slovakia  
xadamcikl@is.tuzvo.sk



## FARBA BUKOVÉHO DREVA PO ELIMINÁCIÍ FAREBNÝCH ROZDIELOV MEDZI FARBOU DREVA BELE A NEPRÁVÉHO JADRA PROCESOM PARENIA

Ladislav Dzurenda – Michal Dudiak

### Abstrakt:

V príspevku sú prezentované zmeny farby bukového dreva bele a nepravého jadra dosiahnuté režimami parenia – sýtou vodnou parou s teplotou  $t_I = 105 \pm 2,5$  °C a teplotou  $t_{II} = 120 \pm 2,5$  °C za účelom eliminácie prirodzených rozdielov medzi farbou dreva bele a nepravého jadra. Zjednotená farba dreva bele a nepravého jadra procesom parenia pri teplote  $t_I = 105 \pm 2,5$  °C je vo farebnom priestore CIE  $L^*a^*b^*$  identifikovaná hodnotami na súradnici svetlosti  $L^* = 61,4 \pm 2,3$  a chromatických súradniciach: červenej farby  $a^* = 12,4 \pm 1,4$  a žltej farby  $b^* = 19,4 \pm 2,3$ . Farba pareného bukového dreva pri teplote  $t_I = 120 \pm 2,5$  °C je výrazne tmavšia s hodnotami na súradniciach farebného priestoru:  $L^* = 56,1 \pm 1,8$ ,  $a^* = 12,4 \pm 1,1$  a žltej farby  $b^* = 19,7 \pm 1,5$ . Uvedené zmena farby dreva je rovnomerná po celom objeme, čo nielenže rozširuje možnosti využitia bukové drevo vo forme reziva a prírezov v stavebno-stolárskej, umeleckej a dizajnerskej oblasti, ale z pohľadu efektívneho spracovania bukového dreva je aj nástrojom ku zvýšeniu výťažke piliarskeho spracovania bukovej suroviny.

**Kľúčové slová:** bukové drevo, farba, beľové drevo, nepravé jadro, parenie, sýta vodná para.

### ÚVOD

Drevo dreviny *Fagus sylvatica* L. patrí medzi roztrúsené pórovité, bezjadrové dreviny s možnosťou vytvorenia nepravého jadrového dreva. Niektoré staršie stromy majú v strede kmeňa drevo inej farby, označované ako nepravé jadro. Farba bukového dreva v pásme beľ a vyzretého dreva je svetlá bielo-sivá, prípadne bielo-ružová Nečesaný (1959), Makovíny (2010), Dzurenda – Dudiak (2022) a v pásme nepravého jadra je hnedo-červená farba Nečesaný. (1959), Dzurenda – Dudiak (2023). Farebné rozdiely medzi farbou bukového dreva bele a dreva nepravého jadra prostredníctvom hodnôt na súradniciach farebného priestoru CIE  $L^*a^*b^*$  a celkovej farebnej diferencie  $\Delta E^*$  uvádza Dzurenda (2023). Farbu dreva bele je daná hodnotou svetlosti  $L^* = 79,2 \pm 2,4$  a hodnotami na chromatických súradniciach  $a^* = 8,3 \pm 1,6$ ,  $b^* = 19,1 \pm 1,8$ . Farba dreva nepravé jadro je opísaná nasledujúcimi hodnotami:  $L^* = 65,8 \pm 3,8$ ,  $a^* = 11,6 \pm 1,9$ ,  $b^* = 19,5 \pm 1,5$ . Farebný rozdiel medzi farbou dreva nepravého jadra a farbou dreva bele, vyjadrený prostredníctvom celkového farebného rozdielu, je  $\Delta E^* = 18,1$ . V rámci kategorizácie farebného rozdielu patrí hodnota celkový farebný rozdiel  $\Delta E^* = 18,1$  do kategórie výrazne odlišných farieb. Odlišnosť farby dreva nepravého jadra od farby beľového dreva je dôvodom na odstránenie piliarskych sortimentov s podielom dreva falošného jadrového dreva z výroby ohýbaného nábytku, športového náradia a čiastočne stavebnej a stolárskej výroby.

Parenie dreva je technologický proces v ktorom mokré drevo s vlhkosťou  $w \geq 40$  % pôsobením tepla vo forme nasýteného vlhkého vzduchu, či sýtej vodnej pary sa nahrieva a mení svoje fyzikálne, mechanické a chemické vlastnosti. Dočasné fyzikálno-mechanické zmeny sú využívané vo výrobe dýh, preglejok, ohýbaného nábytku, či lisovaného dreva. Nikolov et al. 1980; Sergovskij and Rasev 1987; Lawniczak 1995; Trebula 1986; Dzurenda – Deliiski (2019). Trvalé chemické zmeny prejavujúce sa okrem iného zmenou farby sú využívané na



cielené zmeny farby dreva do menej či viac výrazných farebných odtieňov Deliiski (1991), Tolvaj et al. (2009), Dzurenda (2014), Milić et al. (2015), Geffert et al. (2017), Dzurenda – Dudiak (2022).

Cieľom danej práce je prezentácia farby bukového dreva dosiahnutá po eliminácii farebných rozdielov medzi farbou dreva bele a nepravého jadra procesom parenia dreva sýtu vodnou parou režimami parenia pri teplote:  $t_I = 105 \pm 2,5$  °C a teplote  $t_{II} = 120 \pm 2,5$  °C.

## MATERIÁL A METÓDY

Na základe experimentálneho výskumu zameraného na analýzu vplyvu teploty a dĺžky parenia na zjednotenie farby bukového beľového dreva a dreva nepravého jadrového dreva prezentovaného v práci Dzurenda – Dudiak (2024) boli navrhnuté 2 režimy parenia pre zjednotenie farby dreva bele a nepravého jadra s rôznou mierou stmavnutia pareného bukového dreva.

Rozpis technologických podmienok jednotlivých režimov parenia bukového reziva  $h = 40$  mm pre elimináciu farebných rozdielov medzi farbou beľového dreva a farbou dreva s falošným jadrom je uvedené v tab. 1.

**Tabuľka 1. Režimy parenia bukového dreva**

Režim	Nасыtená vodná para [°C]			Čas parenia [h]			Celkový čas
	$t_{min}$	$t_{max}$	$t_4$	$\tau_0$ ohrev	$\tau_1$ parenie	$\tau_3$ chladenie	
Režim I.	102.5	107.5	100	3.5	18.0	0.5	22.0
Režim II.	117.5	122.5	100	3.5	9.0	0.5	13.0

Neparené i parené stredové rezivo hrúbky  $h = 40$  mm s nepravým jadrom bolo sušené v teplovzdušnej sušiarňi podľa režimu Dzurenda (2022) za účelom zachovania si pôvodnej farby bukového dreva, resp. farby dreva dosiahnutej technologickým procesom parenia. V rámci testov sfarbenia pareného dreva a rovnomernosti sfarbenia po celom priereze reziva boli z 15 kusoch pareného reziva režimom I. a 15 kusoch pareného reziva režimom II. vyrobené skúšobné vzorky dĺžky 600 mm. Skúšobné vzorky boli vyrobené pričným pílením nepareného i pareného reziva vo vzdialenosti 500 mm od čela. Následne boli parené skúšobné vzorky rozpílené v 1/2 hrúbky. Ložné plochy takto vyrobených vzoriek boli opracované na horizontálnej rovinnej frézke FS 200. Farba nepareného i pareného bukového dreva v zóne bele sa merala na okraji ložnej plochy reziva a farba nepravého jadra v strede šírky ložnej plochy reziva. Meranie farby dreva v zóne bele i v zóne nepravého jadra bolo vykonané na 3 náhodne vybraných miestach ohobľovanej plochy vzorky.

Farba bukového dreva bele a nepravého jadra vo farebnom priestore CIE-L\* $a^*b^*$  sa hodnotila prostredníctvom kolorimetra Color Reader CR-10 (Konica Minolta). Použitý bol zdroj svetla D65 a priemer optického snímacieho otvoru bol 8 mm. Hodnoty farebných súradníc sú uvádzané formou zápisu, t.j. priemernej hodnoty  $x$  a smerodajnej odchýlky  $s_x$ :

$$x = \bar{x} \pm s_x \quad (1)$$

Rozdiely medzi farbou bukového dreva v zóne bele v zóne dreva nepravého jadra, v jednotlivých etapách technologického procesu parenia sú hodnotené prostredníctvom farebnej diferencie  $\Delta E_I^*$ , ktorú uvádza matematický zápis:





$$\Delta E_1^* = \sqrt{(L_{hw} - L_{sw})^2 + (a_{hw} - a_{sw})^2 + (b_{hw} - b_{sw})^2} \quad (2)$$

kde:

$L_{sw}^*, a_{sw}^*, b_{sw}^*$  hodnota na súradniciach svetlosti, červenej farby a žltej farby bel'ového dreva,

$L_{hw}^*, a_{hw}^*, b_{hw}^*$  hodnota na súradniciach svetlosti, červenej a žltej farby bukového dreva nepravého jadra.

Rozdiely medzi farbou bele a nepravého jadra pred parením a po parení sú hodnotené prostredníctvom celkovej farebnej diferencie  $\Delta E^*$ :

$$\Delta E^* = \sqrt{(\bar{L}_1 - \bar{L}_2)^2 + (\bar{a}_1 - \bar{a}_2)^2 + (\bar{b}_1 - \bar{b}_2)^2} \quad (3)$$

kde:

$\bar{L}_1, \bar{a}_1, \bar{b}_1$  priemerné hodnoty na súradniciach svetlosti, červenej a žltej farby nepareného bukového dreva v zóne bele a v zóne nepravého jadra,

$\bar{L}_2, \bar{a}_2, \bar{b}_2$  priemerné hodnoty na súradniciach svetlosti, červenej a žltej farby pareného bukového dreva v zóne bele a v zóne dreva nepravého jadra.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Farbu bel'ového dreva a dreva nepravého jadra pred parením a po parení režimom parenia I. a II. uvádza obr. 1.



**Obr.1 Farba bukového dreva bele a nepravého jadra pred a po parení režimom I. a II.**

Výsledky meraní farebných charakteristík bukového dreva bele a nepravého jadra na ohobľovanom povrchu nepareného i pareného dreva sú uvedené v tab. 2.



**Tabuľka 2. Farba nepareného a pareného bukového dreva bele a nepravého jadra pred a po parení.**

Bukové drevo	Čas parenia	Počet meraní	Hodnoty na súradniciach priestoru CIE L*a*b*			Rozdiely medzi farbou dreva bele a nepravým jadrom $\Delta E_1^*$
			hod.	ks	L*	
<i>Neparené bukové drevo</i>						
Beľ	0	45	78,5 ± 2,5	8,9 ± 1,6	19,3 ± 1,8	14,9
Nepravé jadro		45	63,8 ± 3,6	11,5 ± 1,8	19,9 ± 1,6	
<b>Režim parenia I., <math>t_I = 105 \pm 2,5^\circ\text{C}</math>, povrch vzorky</b>						
Beľ	18	45	61,5 ± 1,9	12,5 ± 1,2	19,4 ± 1,9	0,3
Nepravé jadro		45	61,3 ± 2,3	12,3 ± 1,4	19,6 ± 2,3	
<b>Režim parenia I., <math>t_I = 105 \pm 2,5^\circ\text{C}</math>, povrch vzorky vytvorený rozíľrením vzorky v <math>\frac{1}{2}</math> hrúbky</b>						
Beľ	18	45	61,3 ± 2,0	12,3 ± 1,2	19,5 ± 1,9	0,4
Nepravé jadro		45	61,2 ± 2,3	12,6 ± 1,5	19,2 ± 2,5	
<b>Režim parenia II., <math>t_{II} = 120 \pm 2,5^\circ\text{C}</math>, povrch vzorky.</b>						
Beľ	9	45	56,0 ± 1,8	12,3 ± 1,1	19,5 ± 1,2	0,3
Nepravé jadro		45	56,2 ± 2,0	12,5 ± 1,2	19,7 ± 1,5	
<b>Režim parenia II., <math>t_{II} = 120 \pm 2,5^\circ\text{C}</math>, povrch vzorky vytvorený rozíľrením vzorky v <math>\frac{1}{2}</math> hrúbky</b>						
Beľ	9	45	56,2 ± 1,7	12,4 ± 1,1	19,6 ± 1,3	0,3
Nepravé jadro		45	55,9 ± 1,9	12,5 ± 1,2	19,8 ± 1,5	

Procesom parenia bukového dreva režimom I. sýtou vodnou parou s teplotou  $t_I = 105 \pm 2,5^\circ\text{C}$  v priebehu  $\tau = 18$  hod technologickom procese dochádza k zjednoteniu farieb beľového dreva a nepravého jadra na bledohnedú farbu s hodnotami na súradniciach farebného priestoru:  $L^* = 61,4 \pm 2,3$ ,  $a^* = 12,4 \pm 1,4$ ;  $b^* = 19,4 \pm 2,3$ . Uvedené jednotné zafarbenie pareného dreva bolo dosiahnuté výrazným stmavnutím beľového dreva a miernym stmavnutím dreva nepravého jadra. Stupeň stmavnutia pareného bukového dreva bele je sprevádzaný znížením hodnôt na súradnici svetlosti o  $\Delta L^* = -17,0$  a zvýšením hodnôt na súradnici červenej farby o  $\Delta a^* = +3,6$  a žltej farby o  $\Delta b^* = +0,1$ . Mierny stmavnutie pareného dreva nepravého jadra kvantifikuje pokles hodnoty na súradnici svetlosti o  $\Delta L^* = -2,6$  a zvýšenie hodnoty na súradnici červenej farby o  $\Delta a^* = +0,8$  a zníženie hodnoty na súradnici žltej farby  $\Delta b^* = -0,3$ .

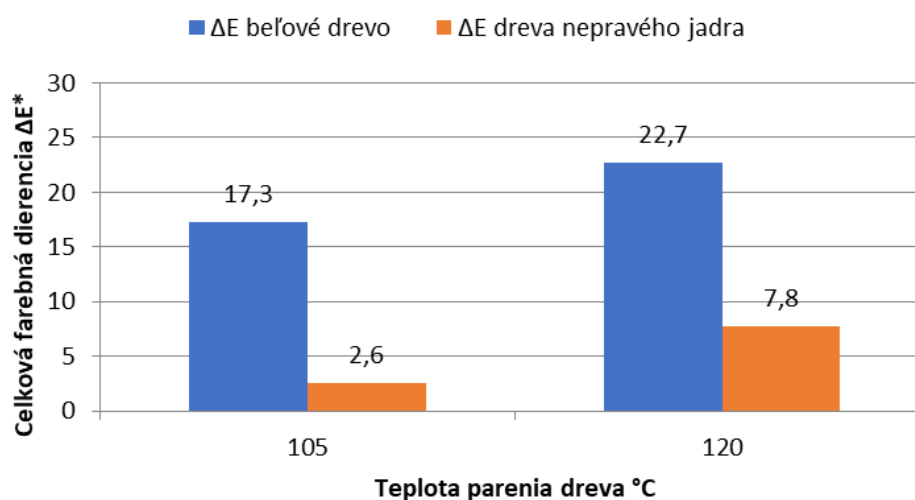
Procesom parenia bukového dreva režimom II. sýtou vodnou parou s teplotou  $t_{II} = 120 \pm 2,5^\circ\text{C}$  v priebehu  $\tau = 9$  hod nastáva zjednotenie farby beľového bukového dreva a dreva nepravého jadra na tmavú hnedo-sivú farbu s hodnotami na súradniciach:  $L^* = 56,1 \pm 1,8$ ;  $a^* = 12,4 \pm 1,1$ ;  $b^* = 19,4 \pm 1,5$ . Zjednotenie farieb procesom parenia sa dosiahlo jednak poklesom hodnôt na súradnici svetlosti beľového dreva o  $\Delta L^* = -22,5$  a nepravého jadrového dreva o  $\Delta L^* = -7,8$ , ako aj zvýšením hodnôt na súradnici červenej farby beľového dreva o  $\Delta a^* = +3,4$  a dreva nepravého jadra o  $\Delta a^* = +0,8$  a zvýšením hodnôt na súradnici žltej farby bele i nepravého jadra o  $\Delta b^* \approx +0,4$ .

Jednotnú farbu pareného bukového dreva bele a nepravého jadra po celom objeme reziva dokladuje:

- vizuálne vnímanie jednotnej farby dreva na priečnom, či pozdĺžnom reze reziva,
- vysoká zhoda hodnôt na súradniciach farebného priestoru CIE L\*a\*b\* nameraných na ohobľovaných plochách povrchov vzoriek a ohobľovaných plochách vzoriek vytvorených rozpílením vzoriek v  $\frac{1}{2}$  hrúbky,
- nízke hodnoty farebnej diferencie  $\Delta E_1^* = 0,3 - 0,4$  vyjadrujúce rozdiely medzi farbou pareného dreva bele a farbou pareného dreva nepravého jadra dreva.



Z prezentovaných výsledkov zmien farby a bukového dreva bele a nepravého jadra v procese parenia režimom I. a režimom II (obr. 2). vyplýva, že na zjednocovaní farieb procesom parenia sa beľové drevo a drevo nepravého jadra nepodiela rovnako. Dokladujú to hlavne rozdiely v svetlosti  $\Delta L^*$  beľového dreva a dreva nepravého jadra pred parením a po parení, ako i hodnoty celkových farebných diferencií  $\Delta E^*$  beľového dreva a dreva nepravého jadrového dreva na obr. 2. Stmavnutie beľového dreva pareného sýtou vodnou parou s teplotou  $t = 105 \pm 2,5$  °C je 6,6krát vyššie než stmavnutie dreva nepravého jadra. Nižší rozdiel uvedených hodnôt je u pareného bukového dreva pri teplote  $t = 120 \pm 2,5$  °C. Stmavnutie beľového dreva v procese parenia v uvedenom prípade je 2,9krát vyššie než stmavnutie dreva nepravého jadra.



Obr. 2 Porovnanie hodnôt celkovej farebnej diferencie dreva bele a nepravého jadra procesom parenia režimom I. a režimom II.

Rovnomerné celo-objemové sfarbenie bukového dreva v zóne bele i nepravého jadra na bledohnedú, resp. tmavú hnedo-sivú farbu je prínosom, ako v oblasti zvýšenia výťažky piliarsky spracovávanej bukovej drevnej hmoty pre produkciu piliarskych produktov v novom – netradičnom farebnom prevedení, tak aj v rozšírení možnosti využitia bukové drevo vo forme reziva pre stavebno-stolársku, umeleckú a dizajnérsku oblasť.

## ZÁVER

V príspevku sú prezentované farby bukového dreva bele a nepravého jadra dosiahnuté cieľným procesom parenia bukového reziva s drevom nepravého jadra za účelom eliminácie rozdielov farby dreva bele a farby dreva nepravého jadra.

Procesom parenia dreva sýtou vodnou parou režimom I. pri teplote:  $t_I = 105 \pm 2,5$  °C počas  $\tau = 18$  hod. bukové drevo nadobúda bledohnedú farbu s hodnotami súradníc vo farebnom priestore CIE  $L^*a^*b^*$ :  $L^* = 61,4 \pm 2,3$ ,  $a^* = 12,4 \pm 1,4$ ;  $b^* = 19,4 \pm 2,3$ .

Režimom parenia II. pri teplote:  $t_{II} = 120 \pm 2,5$  °C, počas  $\tau = 9$  hod. bukové drevo nadobúda tmavú hnedo-sivú farbu s hodnotami na súradniciach:  $L^* = 56,1 \pm 1,8$ ;  $a^* = 12,4 \pm 1,1$ ;  $b^* = 19,4 \pm 1,5$

Rovnomerné celo-objemové sfarbenie bukového dreva v zóne bele i nepravého jadra do bledohnedej, resp. tmavej hnedo-sivej farby dosiahnuté uvedenými režimami parenia je prínosom, ako pre zvýšenie výťažky piliarsky spracovávanej bukovej drevnej hmoty nevyradovaním piliarskych produktov s drevom nepravého jadra z výrobného procesu z dôvodu rozdielnej farby, tak aj v rozšírení možnosti využitia bukové drevo vo forme reziva



bledohnedej, resp. tmavej hnedo-sivej farby v stavebno-stolárskej, umeleckej a dizajnerskej oblasti.

## LITERATÚRA:

- DELIISKI, N. (1991): Metod dlja ocenki stepeni oblagoraživanja bukovych pilomaterialov vo vrenja ich proparki. *Current problems and perspectives of beech lumber drying* 1991. ES-VŠLD in Zvolen (Slovakia), 37–44.
- DZURENDA, L. (2014): Colouring of Beech Wood during Thermal Treatment using Saturated Water Steam. *Acta Fac. Xylogiae Zvolen* 2014, 56, 13–22.
- DZURENDA, L., DELIISKI, N. (2019): Tepelné procesy v technológiách spracovania dreva. Zvolen: Vydavateľstvo TU, 283 s. ISBN 978-80-228-3159-5.
- DZURENDA, L. DUDIÁK, M. (2022): Modifikácia farby dreva v procese parenia sýtou vodnou parou. Zvolen: Vydavateľstvo TU Zvolen, 120 s. ISBN 978-80-228-3318-9.
- DZURENDA, L. (2022): Mode for hot air drying of steamed beech blanks while keeping the colors ac-quired in the steaming process. *Acta Fac. Xylogiae Zvolen* 2022, 64, 81–88.
- DZURENDA, L. (2023): Natural Variability of the Color of Beech Wood in the Color Space CIE L\*a\*b\*. In: *Forests* 14, 1103. doi:org. 10.3390/f14061103.
- DZURENDA, L. DUDIÁK, M. (2023): Color diversity of beech wood with a false heartwood in the color space CIE L\*a\*b\*. In: *Wood Research* 68(4): 68(4): 792-801 pp.
- DZURENDA, L., DUDIÁK, M. (2024): Homogenization of the color of beech sapwood and false heartwood by the steaming process. In: *Forests*,15,1009. doi:org.10.3390/f15061009.
- GEFFERT, A., VYBOHOVÁ, E., GEFFERTOVÁ, J. (2017): Characterization of the changes of colour and some wood components on the surface of steamed beech wood. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen* 59(1): 49–57.
- LAWNICZAK, M.(1995): Zarys hydrotermicznej i plastycznej obróbki drewna. Czesc I. – Warzenie i parzenie drewna. Poznan, 149 p.
- MAKOVÍNY, I. (2010): Úžitkové vlastnosti a použitie rôznych druhov dreva. Zvolen: TU Zvolen, 104 p.
- MILIĆ, G.; TODOROVIĆ, N.; POPADIĆ, R., (2015): Influence of steaming on drying quality and colour of beech timber. *Glas. Šumar. Fak.* 2015, 112, 83–96.
- NIKOLOV, S., RAJCHEV, A., DELIISKI, N. (1980). *Proparvane na drvesinata*. Sofia: Zemizdat, 174 p.
- NEČESANÝ, V. (1959): Jádru buka, štruktúra, vznik a vývoj. Bratislava, Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 256 s.
- SERGOVSKIJ, P. S., RASEV, A. I. (1987). *Gidrotermičeskaja obrabotka i konser-virovanije drevesiny*. Lesnaja promyšlennost, Moskva, 360 p.
- TOLVAJ, L.; NEMETH, R.; VARGA, D.; MOLNAR, S. (2009): Colour homogenisation of beech wood by steam treatment. *Drewno* 2009, 52, 5–17.
- TREBULA, P. (1996). *Sušenie a hydrotermická úprava dreva*. Zvolen: TU Zvolen, 255 p.

## Pod'akovanie:

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantového projektu: APVV-21-0051 “Výskum nepravého jadra a bele dreva dreveny Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) za účelom eliminácie farebných rozdielov procesom termickej úpravy sýtou vodnou parou”, ako výsledok práce autorov a výraznej pomoci agentúry APVV.

## Adresa autorov:

prof. Ing. Ladislav Dzurenda, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta, Katedra obrábania dreva  
T. G. Masaryka 24,  
960 01 Zvolen  
e-mail: dzurenda@tuzvo.sk

Ing. Michal Dudiak, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta, Katedra obrábania dreva  
T. G. Masaryka 24,  
960 01 Zvolen  
e-mail: xdudiak@tuzvo.sk



## MERANIE PRIEPUSTNOSTI A RETENČNEJ SCHOPNOSTI POŤAHOVÝCH ČALÚNNICKÝCH MATERIÁLOV

Richard Hrčka – Anna Vilhanová – Dominik Bahno

### Abstrakt:

Pri kontakte poťahového čalúnnického materiálu (PČM) s kvapalinou je žiadúci rýchly ako aj pomalý tok kvapaliny z povrchu PČM. Meranie koeficienta priepustnosti podľa Darcyho zákona delí PČM podľa schopnosti prepúšťať kvapaliny. Avšak kvapalina sa dostáva nielen medzi častice PČM, ale aj do ich štruktúry. Meranie retenčnej schopnosti podľa Archimedovho zákona delí PČM podľa ich schopnosti zadržiavať kvapalinu. Obe metodiky nie sú nezávislé. Spája ich meranie hrúbky PČM.

**Kľúčové slová:** poťahové čalúnnické materiály, priepustnosť, retenčná schopnosť

### ÚVOD

Poťahové čalúnnické materiály (PČM) sú vystavované účinkom kvapalín. Od PČM je vyžadovaný rýchly ako aj pomalý odvod kvapalín z povrchu smerom do vnútorných častí čalúnenia. Skôr je požadovaný druhý prípad prenosu. Akgun a Kamaci, (2021) skúmali účinky konštrukcie poťahových tkanín automobilových sedadiel na priepustnosť vodnej pary, priepustnosť vzduchu a tepelnú vodivosť. Z výsledkov ich výskumu vyplýva, že hrúbka tkaniny, plošná hustota a štruktúra väzby tkanín majú dôležitý vplyv na overované charakteristiky. V prvom prípade otvorená konštrukcia dobre prenáša kvapaliny smerom do vnútra objemu čalúnenia s vlastnosťou zadržiavať kvapaliny vo svojom objeme. V druhom prípade zatvorená konštrukcia neprepúšťa tekutiny smerom do vnútra objemu cez nepriepustný povrch. Otvorené konštrukcie sa vyskytujú najmä v zdravotníckom materiáli, zatvorené konštrukcie sú využívané na čalúneniach s dobrou čistiacou schopnosťou. PČM sú v kontakte s kvapalinou nielen počas užívania výrobku, ale aj počas ich spracovania. Farbenie kvapalinami je dej, pri ktorom sa poťahovému materiálu vytvára vzhľad. Farbivo preniká do štruktúry PČM a vytvára sýtosť ich farebných odtieňov. Množstvo farbiva uzatvoreného v štruktúre PČM súvisí s ich retenčnou schopnosťou. Podobný problém je riešený aj v oblasti odevných textílií, kde sa výskum zameriava na skúmanie procesov transportu vody vznikajúcej potením cez vrstvy odevu s cieľom zabezpečenia komfortu používateľa odevu (Das a kol. 2007). Vlastnosti zmáčania a prenosu vody tkanín rôzneho materiálového pôvodu s rôznou plošnou hustotou a konštrukciou použitých pre výrobu košiel boli skúmané z hľadiska vlhkostného komfortu zamestnancov pracujúcich v kancelárii. Analyzovaných bolo osemnásť druhov košeľových tkanín a hodnotila sa u nich absorpcia vody, doba ponorenia a správanie pri sušení. Výsledky ukázali, že zvýšenie priepustnosti tkaniny spôsobilo zníženie schopnosti kontrolovať a riadiť vlhkostné procesy po ponorení a následnom sušení (Atasağın a Okur, 2015). Táto problematika bola tiež skúmaná v oblasti športového oblečenia, vyrobeného z povrstvených a laminovaných tkanín (Jeong a An, 2015). Vo výsledkoch svojho výskumu uvádzajú za dôležité skúmať aké množstvo vody z vlhkosti vyprodukovanej potením pri športovej činnosti prenikne v podobe kvapaliny na povrch oblečenia a aké množstvo sa premení na paru pri zmene teploty tela a prostredia. Schopnosť materiálu prenášať vlhkosť a odparovať ju významne zvyšuje komfortné charakteristiky funkčného odevu.





Ťažkosť pri meraní priepustnosti a retenčnej schopnosti spôsobuje malý objem pri veľkom povrchu, teda malá hrúbka PČM. Cieľom práce je vyvinúť metodiku merania priepustnosti a retenčnej schopnosti tenkých poľahových čalúnnických materiálov.

## METODIKA

### Metóda merania priepustnosti:

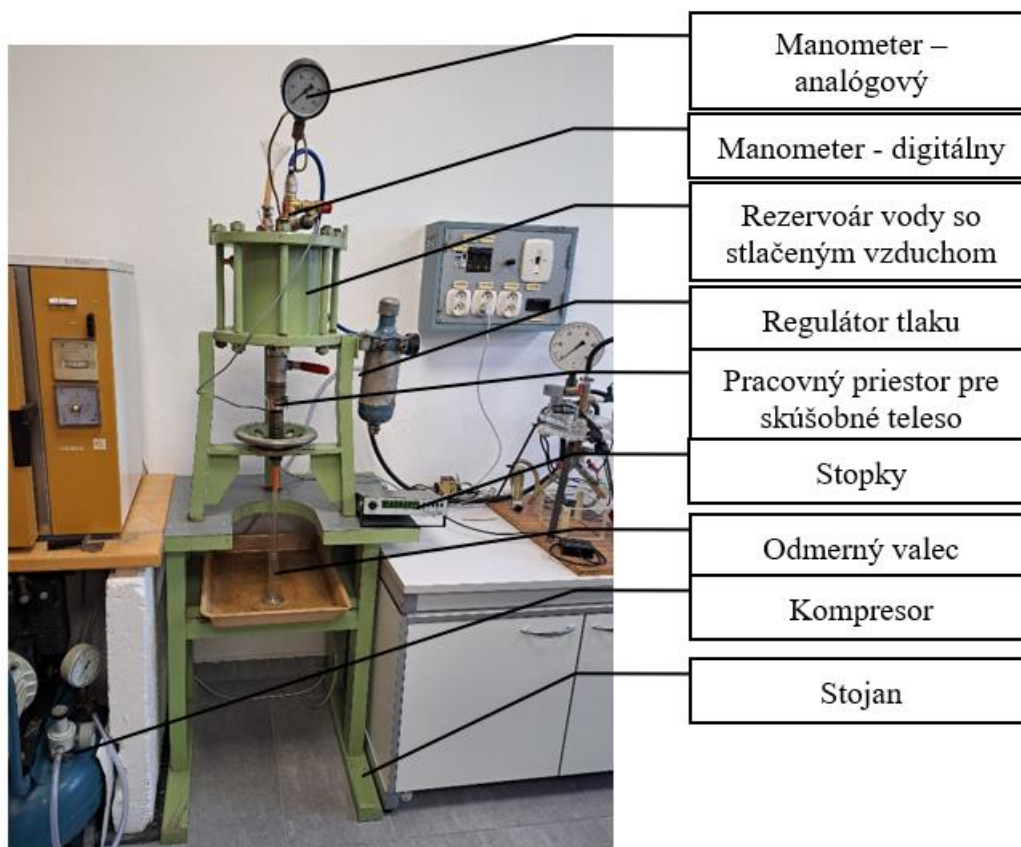
Priepustnosť PČM pre kvapaliny popisujeme riešením Navier-Stokesovej rovnice tak, aby čo najvernejšie bol popísaný dej priepustnosti uskutočnený na meracej aparatúre (Babiak a kol. 2001). Z predchádzajúceho pozorovania vyplýva intenzívny ako aj pomalý tok kvapalín cez povrch PČM, preto metódy merania priepustnosti rozdelíme na dve časti:

1. Premenný tok v čase (nestacionárna metóda)
2. Ustálený tok v čase (stacionárna metóda)

Keďže poľahové materiály môžu byť aj veľmi pórovité, nevyžaduje sa príliš veľký, vyvinutý gradient tlaku, preto metóda ustáleného toku v čase môže byť charakterizovaná aj:

1. Nulovým gradientom tlaku, hybnú silu bude vyvíjať iba tiažové zrýchlenie
2. Konštantným gradientom tlaku

Všetky metódy vedú na tvar Darcyho zákona, ktorý obsahuje vlastnosť PČM koeficient priepustnosti  $K$ . Čím  $K$  má väčšiu hodnotu, tým prenos tekutiny je intenzívnejší. Obrázok 1 ukazuje aparatúru merania koeficienta priepustnosti pre drevo pri stacionárnom toku.

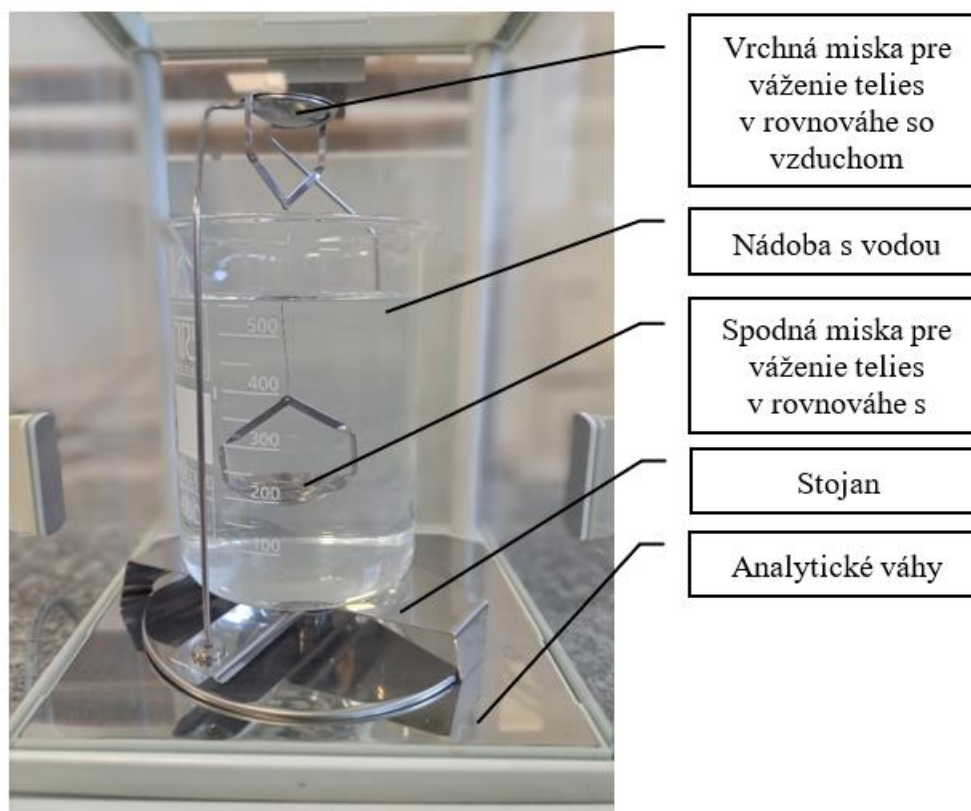


Obr. 1 Aparatúra merania koeficienta priepustnosti.

### Metóda merania retenčnej schopnosti:



Retenčnú schopnosť kvapaliny viazanej na vlákna PČM určuje zdanlivá hmotnosť PČM. Zdanlivá hmotnosť je hmotnosť PČM meraná v kvapaline. Hmotnosť voľnej kvapaliny, ktorá je umiestnená medzi vláknami PČM, sa zhoduje s rozdielom hmotnosti vytlačenej kvapaliny telesom poťahového čalúnnického materiálu a pôvodnou, suchou hmotnosťou PČM. Obe hmotnosti sú vzťahované v znení Archimedovho zákona (Babiak a Kúdela 1995, Hrčka a kol. 2020). Obrázok 2 ukazuje aparatúru pre meranie množstva viazanej a voľnej vody v dreve.



**Obr. 2** Aparatúra merania retenčnej schopnosti.

## VÝSLEDKY

Meranie sa zakladá na metóde, ktorá okrem splnenia Navier-Stokesovej rovnice musí vyhovovať aj meracej aparatúre. Úpravou riešenia Navier-Stokesovej rovnice na tvar Darcyho zákona, pre ustálený tok s konštantným gradientom tlaku platí:

$$\frac{V}{St} = \frac{K}{\eta} \frac{p_2 - p_1}{L}$$

Riešenie Navier-Stokesovej rovnice pre ustálený tok v gravitačnom poli bez vonkajšieho gradientu tlaku je:

$$\frac{V}{St} = \frac{K}{\eta} g\rho$$

Riešenie Navier-Stokesovej rovnice pre neustálený tok s premenlivým vonkajším gradientom tlaku je:



$$\frac{V_{\infty}}{S} = \frac{K}{\eta} \int_0^{\infty} \left( \frac{p_2 - p_1}{L} + g\rho \right) dt$$

kde: V – objem kvapaliny,  
S – plocha toku,  
t – čas toku,  
K – koeficient priepustnosti  
 $\eta$  – dynamická viskozita kvapaliny,  
L – hrúbka PČM,  
( $p_1 - p_2$ ) – rozdiel tlakov,  
g – gravitačné zrýchlenie,  
 $\rho$  – hustota kvapaliny

Retenčná schopnosť PČM vyjadruje zdanlivá hmotnosť  $m_z$ , pre ktorú platí:

$$m_k = m_{vv} - m_0 + m_z$$

kde:  $m_k$  – celková hmotnosť kvapaliny v PČM,  
 $m_{vv}$  – hmotnosť vytlačenej kvapaliny poŕahovým čalúnnickým materiálom  
 $m_0$  – suchá hmotnosť PČM.

## DISKUSIA

Koeficient priepustnosti je štruktúrnou charakteristikou PČM, ktorá nezávisí od pretekajúcej kvapaliny, poprípade všeobecnejšie, tekutiny. Porovnanie priepustnosti cez PČM na základe veľkosti koeficienta priepustnosti je preto oprávnené bez ohľadu na pretekajúcu tekutinu. Pri danom gradiente tlaku, čím bude koeficient priepustnosti väčší, tým PČM bude prepúšťať viac tekutiny a naopak. Teda na porovnanie PČM nestačí uviesť len tok (Arshad a Alahrthi 2023, Barbu a kol. 2019). Najčastejšou testovacou kvapalinou býva destilovaná voda, v dôsledku jej výskytu a prírode blízkeho charakteru. Nevýhodou nestacionárnej metódy a metódy s konštantným gradientom tlaku je určenie hrúbky PČM. Hrúbku PČM, L, je možné určiť rôznymi metódami. Jenou z nich je meranie hmotnosti m PČM na vzduchu a v kvapaline o hustote  $\rho$ :

$$L = \frac{m - m_z}{S\rho}$$

kde: S je plocha PČM.

Teda meraním retenčnej schopnosti PČM je možné určiť aj hrúbku PČM. Výhodou uvedených metód sú získané informácie o vzťahu PČM k vybratej kvapaline a ich značná presnosť a spoľahlivosť. Nevýhodou metód je ich prácnosť, nutnosť použiť vybraté zariadenia a prístroje a časová náročnosť.

## ZÁVER

V príspevku sme navrhli metodiku merania priepustnosti a retenčnej schopnosti PČM. Obidve metodiky nie sú nezávislé, keďže ich spája meranie hrúbky PČM.



## LITERATÚRA:

- AKGUN, M., KAMACI, H. A. Effect of Fabric Structural Parameters on Various Comfort Properties of Automobile Seat Cover Fabrics. *European Mechanical Science*, 2021, 5(3), 105-108.
- ATASAĞUN, H. G., OKUR, A.: The wetting and moisture transmission properties of woven shirting fabrics. *Industria Textila*, 66(6), 344-352.
- DAS, B., DAS, A., KOTHARIL, V.K., FANGUIERO, R., ARAÚJO, D. Moisture transmission through textiles. Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *Research Journal*, 2007, 7(2).
- JEONG, W.Y., AN, S.K.: The transport properties of polymer membrane-fabric composites. *Journal of materials science*. 2001, 36, 4797 – 4803.
- BABIAK, M., KURJATKO, S., HUDEC, J. Výskum priepustnosti dreva pre tekutiny na Katedre náuky o dreve Drevárskej fakulty vo Zvolene. *Drevo-štruktúra a vlastnosti*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2001, , 9-16. ISBN 80-228-1094-0.
- BABIAK, M., KÚDELA, J. A contribution to the definition of the fiber saturation point. *Wood Sci.Technol.* 1995, 29, 217–226. <https://doi.org/10.1007/BF00204589>
- HRČKA, R., KUČEROVÁ, V., HÝROŠOVÁ, T., HÖNIG, V. Cell Wall Saturation Limit and Selected Properties of Thermally Modified Oak Wood and Cellulose. *Forests* 2020, 11(6), 640. <https://doi.org/10.3390/f11060640>
- ARSHAD, Z., ALAHRTHI, S.S. Enhancing the Thermal Comfort of Woven Fabrics and Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Composites Using Multiple Weave Structures. *Fibers* 2023, 11, 73. <https://doi.org/10.3390/fib11090073>
- BARBU, I. A KOL. A Comparative Study on the Comfort and Safety of the Seat Cover Fabrics. In: Burnete, Proceedings of the 4th International Congress of Automotive and Traffic Engineering (AMMA 2018) 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94409-8\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94409-8_50)

## Adresa autorov:

doc. Ing. Richard Hrčka, PhD.,  
Katedra náuky o dreve,  
Drevárska fakulta,  
Technická univerzita vo Zvolene,  
T. G. Masaryka 24,  
960 01 Zvolen, Slovensko  
e-mail: hrcka@tuzvo.sk  
tel.: +421 45 5206 348

Ing. Anna Vilhanová, PhD.,  
Bc. Dominik Bahno  
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov,  
Drevárska fakulta,  
Technická univerzita vo Zvolene,  
T. G. Masaryka 24,  
960 01 Zvolen, Slovensko  
e-mail: vilhanova@tuzvo.sk, bahno@is.tuzvo.sk  
tel.: +421 45 5206 478



## ODTRHOVÁ PEVNOSŤ PERFOROVANÝCH POVRCHOVÝCH VRSTIEV V PREGLEJOVANOM MATERIÁLI LEPENOM HDPE FÓLIU

Jozef Fekiač

### Abstrakt:

Príspevok je zameraný na sledovanie zmien odtrhovej pevnosti povrchových vrstiev preglejovaného materiálu spôsobených vplyvom cielene vytváraných perforácií v dyhách. Sledovaný bol vplyv smeru perforovania vzhľadom na ľavú a pravú plochu dyhy a vplyv zmeny ohniskovej vzdialenosti pri perforovaní dyhy CO<sub>2</sub> laserom. Tvar, rozmer a rozloženie (rozostup) perforácií po ploche dyhy bolo vopred stanovené. Dyhy boli vzájomne zlepené HDPE fóliou. Na pripravených skúšobných telesách bola zisťovaná a hodnotená odtrhová pevnosť povrchových vrstiev podľa normy STN EN 311. Z výsledkov vyplýva pokles odtrhovej pevnosti vplyvom aplikácie perforácií v rozsahu od 12% do 26% v závislosti od smeru perforovania a ohniskovej vzdialenosti aplikovanej počas perforovania dýh.

**Kľúčové slová:** dyha, perforácia, HDPE fólia, lepenie, odtrhová pevnosť

### ÚVOD

Vrstvené materiály na báze dýh majú značné uplatnenie v rôznych výrobkoch. Výnimkou nie je ani nábytok, kde sa uplatňujú vo forme preglejok a lamelového dreva na konštrukčné účely. Z estetického hľadiska je pri týchto materiáloch zaujímavý ich povrch, teda dyha tvoriaca povrchovú vrstvu. Za účelom zmeny estetického pôsobenia je možné povrchové vrstvy rôzne upravovať. Známe sú napríklad úpravy reliefovaním realizované lisovaním alebo frézovaním, ale tiež úpravy ako gravírovanie (vypaľovanie) rôznych obrazcov ručne alebo prostredníctvom laserov. Do úvahy pripadá aj možnosť úpravy povrchu s uplatnením otvoru ako dekoru. Jedným z mnohých spôsobov vytvárania otvorov je napríklad perforovanie laserom, ktoré je možné uplatniť na dyhách pre povrchové vrstvy ešte pred samotným zlepením vrstveného materiálu.

V súčasnosti sa pri lepení materiálov na báze dýh využívajú predovšetkým lepidlá s obsahom formaldehydu, čo so sebou nesie určité negatíva. V snahe eliminovať nežiaduci vplyv voľného formaldehydu nachádzajúceho sa v lepených materiáloch na báze dreva môžu byť lepidlá s jeho obsahom modifikované alebo nahradzané inými látkami schopnými vytvoriť lepený spoj. O modifikácii lepidiel s cieľom znížiť emisie formaldehydu písali viacerí autori (Antov, Savov, Neykov 2020, Saito, Hirabayashi, Yamanaka 2021, Pinchevska et al. 2023, Sedliačik et al. 2023).

Jednou z možností ako nahradiť lepidlá na báze formaldehydu je aplikácia rôznych druhov fólií na báze plastov. Vlastnosti takto lepených materiálov zisťovali napríklad Kajaks et al. (2012), Fang et al. (2013a), Fang et al. (2013b), Chang, Guo, Tang (2017), Ibragimov et al. (2017), Song et al. (2017), Karri, Mohanty, Dubey (2018), Bekhta, Sedliačik (2019), Bekhta et al. (2022) a mnohí ďalší.

Cieľom príspevku je zhodnotiť odtrhovú pevnosť perforovaných povrchových vrstiev v preglejovanom materiáli lepenom HDPE fóliou.

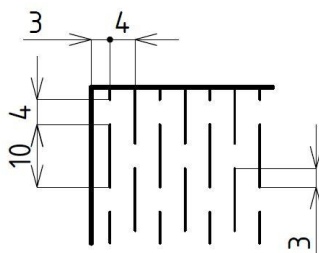




## MATERIÁL A METODIKKA

Pre experiment bola použitá centricky lúpaná dyha z dreveniny *Fagus sylvatica* L. s priemernou hrúbkou 2.03 mm, priemernej hustoty  $680 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a vlhkosti  $7 \pm 1\%$ . Z dyhy rozmerov  $1000 \times 1000 \text{ mm}$  sa vymanipulovali prířezy o rozmere  $155 \times 155 \text{ mm}$ . Aby sa zabezpečila požadovaná rovinnosť prírezov pred následnou úpravou bolo nutné prířezy vyrovnat'. Za týmto účelom boli prířezy navlhčené, uložené na seba po dobu 4 hodín a následne rovnané v hydraulickom lise pri tlaku 0.3 – 0.5 MPa, teplote  $95 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  a čase 15 minút. Dyhové prířezy sa v lise rovnali ukladané na seba po 2 kusy.

Vyrovnané prířezy sa rozdelili na dve skupiny, z ktorých jedna skupina bola cielene perforovaná a druhá skupina zostala celistvá (bez perforácií). Zvolili sme perforácie v tvare písmena „I“ s dĺžkou 10 mm, a šírkou perforácie zodpovedajúcej reznej škáre závislej od nastavení parametrov pri rezaní laserom. Vzďialenosť (rozostup) medzi perforáciami sme zvolili 4 mm, pričom perforácie v jednotlivých radoch boli posunuté tak, aby sa vzájomne prekrývali (Obr. 14). Pri perforovaní bola polovica dých určených na perforovanie otočená pravou stranou k ústi laserovej dýzy (smer perforovania ďalej označený ako „pravá strana“) a druhá polovica bola otočená k ústi laserovej dýzy ľavou stranou (smer perforovania ďalej označený ako „ľavá strana“). Orientácia dých počas perforovania je dôležitá z hľadiska následného umiestnenia perforovanej dyhy v lepenom súbore (vždy ľavou stranou dyhy do vnútra lepenej škáry). Vznikli tak dva varianty skúšobných telies vzhľadom na smer perforovania.



Obr. 14 Tvar, rozmery a rozloženie (rozostup) perforácií po ploche dyhy

Príprava prírezov z dých a ich následne perforovanie sa uskutočnilo prostredníctvom CO<sub>2</sub> lasera Eagle CM – 1309 pri posuvnej rýchlosti  $50 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  a výkone 50% z max. výkonu 100W. Vo výstupnej dýze lasera sa použila šošovka s priemerom 19.05 mm a ohniskovou vzdialenosťou 50.8 mm, ktorú sme považovali za východiskovú ohniskovú vzdialenosť (ďalej označovaná ako „0 mm“). Ohnisková vzdialenosť bola cielene zväčšená na maximálnu hodnotu, pri ktorej ešte dochádzalo k prerezaniu 2 mm dyhy. Tejto úprave zodpovedalo zväčšenie ohniskovej vzdialenosti o 5 mm, t.j. na 55.8 mm (ďalej označovaná ako „5 mm“). Zmenou ohniskovej vzdialenosti vznikli perforácie klinovitého tvaru zužujúceho sa smerom k ploche dyhy, cez ktorú laserový lúč pri perforovaní vychádzal z dyhy von. Úpravou ohniskovej vzdialenosti vznikli ďalšie 2 varianty skúšobných telies.

Z perforovaných a celistvých dých sa vzhľadom na smer vlákien dreva zlepili dvojvrstvové materiály s krížovým vrstvením (vzájomným otočením susediacich dých o  $90^\circ$ ). Vplyvom zmeny ohniskovej vzdialenosti a otáčania dých pri perforovaní (smeru perforovania) vznikli celkovo štyri varianty perforovaných materiálov. Pre porovnanie boli rovnakým spôsobom zlepené aj dvojvrstvové materiály zložené len z celistvých dých („referenčné“).

Ako lepidlo pre zlepenie vrstiev dých bola použitá vysokohustotná polyetylénová fólia (HDPE) s hrúbkou 0.05 mm a hustotou  $0.90 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ . Pri skladaní súboru boli medzi dyhy vložené 4 vrstvy fólie aby sa zabezpečil priemerný nános  $180 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ . Pripravené súbory boli lisované



najprv za tepla (teplota 160 °C, tlak 1.4 MPa, čas 4 minúty) a následne za studena (teplota 25 °C, tlak 1.4 MPa, čas 4 minúty) v hydraulickom lise FONTIJNE TP 400.

Lepené dvojvrstvé materiály sa následne 7 dní klimatizovali v normálnych podmienkach (teplota 20 ± 1°C, relatívna vlhkosť vzduchu 65 % ± 5 %). Po klimatizácii bolo z každého pripraveného variantu dvojvrstvého materiálu narezaných 8 skúšobných telies s rozmermi 50 × 70 mm. Vzhľadom na malú hrúbku telies (4 mm) ich bolo potrebné nalepiť na podkladový materiál (bukovú preglejku s hrúbkou 18 mm) rovnakých rozmerov ako skúšobné telesá (50 × 70 mm). Za týmto účelom bolo aplikované PVAc lepidlo Technobond D3, pričom skúšobné telesá boli do lepenej škáry otočené perforovanou dyhou pri dodržaní kolmej orientácie susediacich dých. Následne boli telesá opäť klimatizované v podmienkach s relatívnou vlhkosťou vzduchu 65±5% pri teplote 20±1°C do konštantnej hmotnosti. Umiestnením perforovanej dyhy do lepenej škáry sme zabezpečili, že oceľový skúšobný prípravok potrebný pre zistenie odtrhovej pevnosti bol nalepený na celistvú dyhu dvojvrstvého perforovaného materiálu.

Odtrhová pevnosť povrchových vrstiev bola stanovená podľa normy STN EN 311 (rovnica 1). Požadovanú veľkosť plochy (1000 mm<sup>2</sup>) pre prilepenie oceľového skúšobného prípravku sme dosiahli vyrezaním kruhovej drážky s vnútorným priemerom 35,7 mm cez hrúbku povrchovej celistvej dyhy, pričom drážka čiastočne prenikala aj do perforovanej dyhy, aby bola úplne prerezaná aj HDPE fólia spájajúca perforovanú a celistvú dyhu. Oceľový skúšobný prípravok bol na vymedzenú plochu skúšobného telesa prilepený prostredníctvom univerzálneho epoxidového lepidla. Po 24 hodinách prebehlo testovanie skúšobných telies v trhacom stroji LabTest 4.050 s použitím prípravku upnutého v čeľustiach stroja pri rýchlosti zaťažovania 2 mm·min<sup>-1</sup>. Sledovaná bola maximálna sila zaznamenaná pri oddelení povrchovej celistvej dyhy od skúšobného telesa.

$$OP = \frac{F}{A} \quad (1)$$

kde: *OP* – odtrhová pevnosť povrchových vrstiev (MPa)  
*F* – maximálna sila nameraná v momente oddelenia povrchovej vrstvy (N)  
*A* – plocha testovaného povrchu (mm<sup>2</sup>)

## VÝSLEDKY

Vypočítané odtrhové pevnosti boli analyzované v programe STATISTICA 12 s aplikovaním viacfaktorovej analýzy rozptylu a Duncanovho testu. Bola posúdená vzájomná významnosť sledovaných faktorov vplývajúcich na odtrhovú pevnosť. Sledovanými faktormi boli smer perforovania vzhľadom na ľavú a pravú stranu dyhy a ohnisková vzdialenosť aplikovaná počas perforovania dých laserom. Výsledky boli vyhodnotené na 95%-nom intervale spoľahlivosti (hladina významnosti  $p < 0,05$ ) a spracované sú vo forme tabuliek a grafu.

Jednorozmerové testy významnosti (Tabuľka 1), vyplývajúce z viacfaktorovej analýzy rozptylu vypočítaných odtrhových pevností povrchových vrstiev, ktoré obsahovali perforovanú dyhu (bez referenčných), potvrdili významný vplyv ohniskovej vzdialenosti a smeru perforovania na odtrhovú pevnosť povrchových vrstiev pri aplikovaní HDPE fólie ako prostriedku na vytvorenie lepeného spoja. Fisherov F-test potvrdil rovnakú mieru vplyvu oboch faktorov na zmenu odtrhovej pevnosti.



**Tabuľka 1. Štatistické vyhodnotenie vplyvu sledovaných faktorov a ich interakcie na Odrhovou pevnosť (jednorozmerové testy významnosti)**

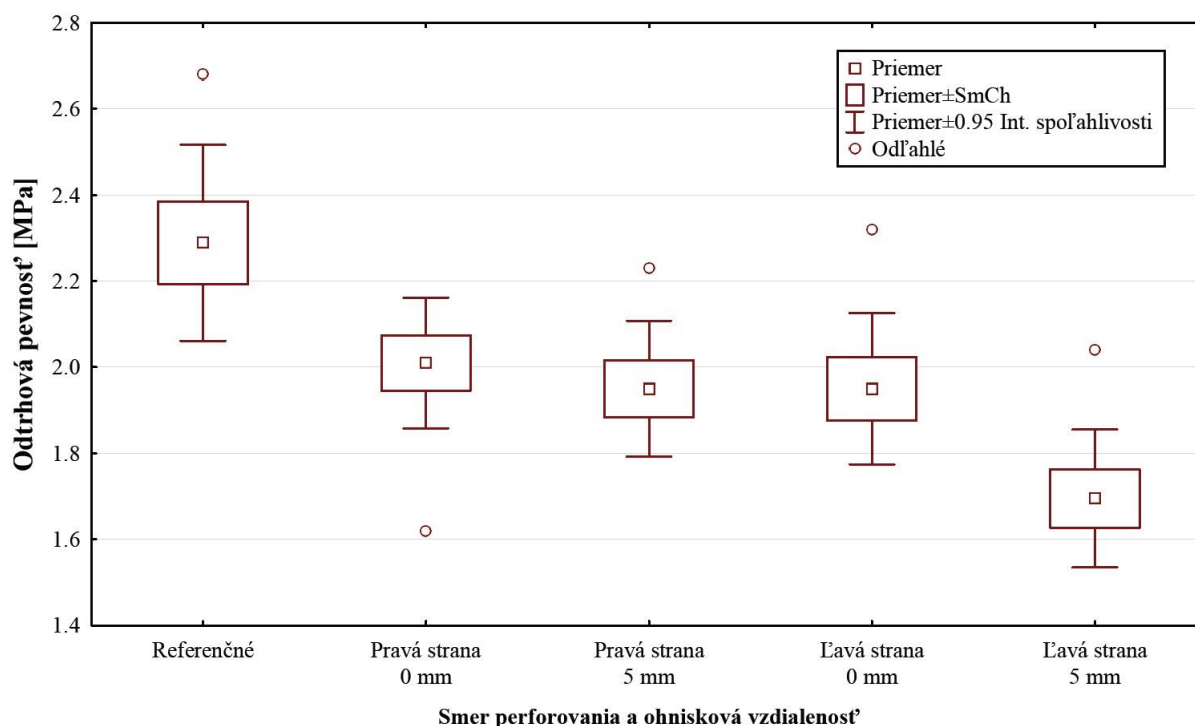
Zdroj variability	Súčet štvorcov	Stupne voľnosti	Rozptyl	Fisherov F-test	Úroveň významnosti ( <i>p</i> )
Celkový priemer	115.67	1	115.67	3097.568	0.000 *
Ohnisková vzdialenosť	0.20	1	0.20	5.314	0.029 *
Smer perforovania	0.20	1	0.20	5.314	0.029 *
Ohnisková vzdialenosť × Smer perforovania	0.08	1	0.08	2.037	0.165 *
Náhodné faktory	1.05	28	0.04		

Poznámka: \* významné pri  $p < 0,05$

Porovnaním výsledkov zobrazených na grafe (Obr. 15) môžeme vidieť, že pri všetkých materiáloch s perforáciami došlo k poklesu odtrhovej pevnosti v porovnaní s referenčnými materiálmi pozostávajúcimi len z celistvý dých. Intervaly spoľahlivosti odtrhovej pevnosti povrchových vrstiev referenčných a perforovaných materiálov sa takmer neprekrývajú z čoho vyplýva, že zaznamenaný pokles sa javí ako štatisticky významný. Potvrďuje to vykonaný Duncanov test (Tabuľka 2), kde všetky úrovne významnosti „*p*“ porovnávajúce referenčné a perforované materiály sú menšie ako 0,05. Príčinou by mohla byť zmenšená lepená plocha medzi celistvými a perforovanými dyhami vplyvom perforácií. Roztavená HDPE fólia síce prenikla do perforácií a pevne sa spojila s ich okrajmi, čo by malo viesť k zväčšeniu lepenej plochy, no pri odtrhovej skúške dochádzalo k roztrhnutiu fólie v lepenej škáre v mieste perforácií, čo v konečnom dôsledku viedlo k zmenšeniu veľkosti lepenej plochy o plochu perforácií.

V rámci perforovaných preglejovaných materiálov bola významná zmena odtrhovej pevnosti zaznamenaná len v prípade smeru perforovania z ľavej strany pri nastavenej ohniskovej vzdialenosti zväčšenej o 5 mm oproti normálu uvedenému k šošovke lasera. Významnosť poklesu potvrdzuje Duncanov test (Tabuľka 2) a zistený pokles predstavoval o 13% nižšiu odtrhovú pevnosť. Príčinu poklesu len v tomto jednom prípade vidíme v zmenšení lepenej plochy oproti ostatným trom perforovaným materiálom. Pri perforovaní dých z pravej strany bola šírka perforácie v lepenej škáre približne rovnaká bez ohľadu na nastavenú ohniskovú vzdialenosť, a teda aj veľkosť lepenej plochy bola približne rovnaká. Zaznamenaný mierny pokles (3%) v tomto prípade nebol významný. Rovnako na tom boli aj materiály s dyhami perforovanými z ľavej strany pri nastavenej ohniskovej vzdialenosti 0 mm (pokles 3%), pretože pri východzej ohniskovej vzdialenosti (0 mm) bola rezná škára približne rovnako široká na oboch stranách dyhy (ľavej aj pravej), čiže veľkosť lepenej plochy bola obdobná ako pri materiáloch s dyhou perforovanou z pravej strany.

Normy EN neuvádzajú žiadne požiadavky na veľkosť odtrhovej pevnosti, ale podľa Sala, Robles, Kowaluk (2020) je priemyselná požiadavka na odtrhovú pevnosť  $> 0,80$  MPa, čo napriek zaznamenanému poklesu odtrhovej pevnosti, materiály s aplikovanými perforáciami splnili.



Obr. 15 Závislosť odtrhovej pevnosti povrchových vrstiev od smeru perforovania a ohniskovej vzdialenosti v porovnaní s referenčným materiálom bez perforácií

Tabuľka 2: Duncanov test: Porovnanie významnosti sledovaných faktorov medzi sebou a s referenčnými telesami na základe úrovne významnosti „p“

Číslo	Smer perforovania	Ohnisková vzdialenosť (mm)	(1) 2.29**	(2) 2.01**	(3) 1.95**	(4) 1.95**	(5) 1.70**
1	Referenčné			0.012	0.005	0.004	0.000
2	Pravá strana	0	0.012		0.598	0.574	0.009
3	Pravá strana	5	0.005	0.598		1.000	0.021
4	Ľavá strana	0	0.004	0.574	1.000		0.027
5	Ľavá strana	5	0.000	0.009	0.021	0.027	

Poznámka: \*\* priemerná odtrhová pevnosť (MPa)

## ZÁVER

Vplyvom perforácií v povrchových vrstvách preglejovaného materiálu lepeného HDPE fóliou sa odtrhová pevnosť v porovnaní s klasickou skladbou preglejky bez perforácií znížila.

Perforovanie dyhy ľavou stranou k dýze lasera (smer perforovania „ľavá strana“) sa prejavilo na zmene odtrhovej pevnosti povrchovej vrstvy jej poklesom v porovnaní s preglejovaným materiálom, kde bola dyha perforovaná z pravej strany (smer perforovania „pravá strana“).

Pokles odtrhovej pevnosti sme zaznamenali aj zväčšením ohniskovej vzdialenosti aplikovanej počas perforovania dýh.

Z výskumu vyplýva ďalšia potreba overiť sledovaný faktor „ohnisková vzdialenosť“ podrobnejšie aj s ohľadom na druhý sledovaný faktor „smer perforovania“.



## LITERATÚRA:

- ANTOV, P., SAVOV, V., NEYKOV, N. 2020. Reduction of formaldehyde emission from engineered wood panels by formaldehyde scavengers – a review. In Proceedings of the 13th International Scientific Conference Wood EMA 2020 and 31st International Scientific Conference ICWST. 2020. pp. 289–294.
- BEKHTA, P., SEDLIAČIK, J. 2019. Environmentally-friendly high-density polyethylene-bonded plywood panels. In *Polymers*, 2019, Vol. 11, No. 7, pp. 1166.
- BEKHTA, P., CHERNETSKYI, O., KUSNIAK, I., BEKHTA, N., BRYN, O. 2022. Selected Properties of Plywood Bonded with Low-Density Polyethylene Film from Different Wood Species. In *Polymers*, 2022, Vol. 14, No. 51, 13 p.
- CHANG, L., GUO, W., TANG, Q. 2017. Assessing the Tensile Shear Strength and Interfacial Bonding Mechanism of Poplar Plywood with High-density Polyethylene Films as Adhesive. In *Bioresources*, 2017, Vol. 12, No. 1, pp. 571–585.
- FANG, L., CHANG, L., GUO, W., CHEN, Y., WANG, Z. 2013a. Manufacture of Environmentally Friendly Plywood Bonded with Plastic Film. In *Forest Products Journal*, 2013, Vol. 63, No. 7–8, pp. 283–287.
- FANG, L., CHANG, L., GUO, W., REN, Y., WANG, Z. 2013b. Preparation and characterization of wood-plastic plywood bonded with high density polyethylene film. In *European Journal of Wood and Wood Products*, 2013, Vol. 71, pp. 739–746.
- IBRAGIMOV, A., VASILKIN, A., FEDOTOV, A. 2017. Research physic-mechanical properties of composite materials on the base of peeled veneer and low density polyethylene. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017, 5 s.
- KAJAKS, J., REIHMANE, S., GRINBERGS, U., KALNINS, K. 2012. Use of innovative environmentally friendly adhesives for wood veneer bonding. In *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 2012, Vol. 61, Issue 3, pp 207–211.
- KARRI, R., MOHANTY, B. N., DUBEY, M. K. 2018. Bond Quality, Mechanical and Physical Properties of Wood – Polyethylene Reinforced Plywood. In *International Journal of Engineering Innovation & Research*, 2018, Vol. 7, Issue 5, pp. 236–239.
- PINCHEVSKA, O., LOPATKO, K., LOPATKO, L., OLIYNYK, R., SEDLIAČIK, J. 2023. The effect of metal nanoparticles on formaldehyde emission from wood based materials. In *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 2023, Vol. 65, No. 2, pp. 35–43.
- SAITO, K., HIRABAYASHI, Y., YAMANAKA, S. 2021. Reduction of formaldehyde emission from urea-formaldehyde resin with a small quantity of graphene oxide. *RSC advances*, 2021, 11.52: 32830-32836.
- SALA, C. M., ROBLES, E., KOWALUK, G. 2020. Influence of Adding Offcuts and Trims with a Recycling Approach on the Properties of High-Density Fibrous Composites. In *Polymers*, 2020, Vol. 12, No. 6, 1327.
- SEDLIAČIK, J., MATYAŠOVSKÝ, J., DUCHOVIČ, P., NOVÁK, I., JURKOVIČ, P. 2023. Keratin as a formaldehyde scavenger for environmentally friendly wood-based panels. In *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen*, 2023, Vol. 65, No. 1, pp. 57–62.
- SONG, W., WEI, W., LI, X., ZHANG, S. 2017. Utilization of Polypropylene Film as an Adhesive to Prepare Formaldehyde-free, Weather-resistant Plywood-Evaluation, and Interface Modification. In *Bioresources*, 2017, Vol. 12, No. 1, pp. 228–254.
- STN EN 311. Dosky na báze dreva – Odtrhová pevnosť povrchových vrstiev. Skúšobná metóda. Slovenský ústav technickej normalizácie, 2003.

## Pod'akovanie:

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-20-0159 a APVV-22-0238.

## Adresa autora:

Ing. Jozef Fekiač, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta  
Katedra nábytku a drevárskych výrobkov  
T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovenská republika  
jozef.fekiac@tuzvo.sk





## DENDROCHRONOLÓGICKÉ DATOVANIE HISTORICKÝCH DVERÍ A BRÁN NA SLOVENSKU – PRÍKLADY Z PRAXE

Mojmír Choma – Zuzana Vidholdová – Tomáš Kolář

### Abstract:

This paper explores the application of dendrochronology in dating historical doors and gates in Slovakia. By analysing tree-ring patterns, we provide precise dating for doors in various wooden structures, offering new insights into their historical context and construction techniques. The paper presents several case studies, highlighting the methodology and results of dendrochronological analysis. This research contributes to the broader understanding of Slovakia's architectural heritage and the preservation of its historical wooden artifacts.

**Keywords:** dendrochronology, doors, gates, historical construction.

### ÚVOD

Dendrochronológia ako vedná disciplína hrá kľúčovú úlohu v poznávaní a ochrane historických drevených konštrukcií a artefaktov, vrátane dverí, brán a iných prvkov, ktoré môžu byť neoddeliteľnou súčasťou kultúrneho dedičstva. Dendrochronológia využíva meranie šírky ročných prírastkov stromu (ročných kruhov) a poskytuje tak exaktný údaj o tom, kedy bol strom zoŕatý a následne kedy drevo mohlo byť použité na zhotovenie konkrétneho objektu alebo predmetu. Tento vedný odbor je založený na predpoklade, že šírka ročných prírastkov stromu závisí od klimatických podmienok v jednotlivých rokoch. Premenlivosť týchto širok je podobná pre stromy rastúce v rovnakej oblasti, čo umožňuje zostaviť tzv. štandardnú chronológiu. Štandardná chronológia je referenčný rámec (etalón), ktorý slúži na porovnávanie skúmaných vzoriek dreva a určenie roku zoŕatia stromu.

Dendrochronológia ponúka vysokú presnosť datovania, ktorá môže byť v prípadoch, kde sa zachoval podkôrný ročný kruh, až na konkrétny rok, ba dokonca na ročné obdobie (Rybníček a kol. 2020, Sochová a kol. 2021). Metóda je využívaná nielen na datovanie drevených prvkov historických stavieb, ale aj na datovanie archeologických artefaktov, umeleckých predmetov, ako sú drevený nábytok (Thun a Alsvik 2009), tabuľové maľby (Eckstein a Wrobel 2007) a taktiež má potenciál pre rekonštrukciu klímy v minulosti (Kyncl 2017; Bošľa a kol. 2018).

Praktická časť odberu vzoriek začína dôkladnou prehliadkou konštrukcie a vytypovaním prvkov, ktoré by boli vhodné na datovanie. Zohľadňuje sa pri tom stav samotného dreva, miery zachovanosti konštrukcie, ako aj od ich pamiatková hodnota. V prípade menej hodnotných konštrukcií, alebo pri masívnejších rozmeroch hodnotnejších konštrukcií (pokiaľ je možnosť) sa odoberá fyzická vzorka vo forme vývrtu frézovacím vrtákom. Použitie Presslerovho vrtáku vytvára vysoký rozťažný tlak, ktorý môže prvky konštrukcie poškodiť, preto ho neodporúčame. Ak nie je možné vykonať deštruktívny odber vzorky, fotografovanie dreveného povrchu a následné meranie šírky ročných kruhov na fotografiách (tzv. fotovzorkách) môže byť alternatívnou metódou úspešného datovania (Thun a Alsvik 2009). Ale aj tu sa niekedy robí semideštruktívna úprava, ktorá spočíva v jemnom zabrúsení povrchu, aby boli jasne viditeľné všetky prítomné ročné kruhy. S rozvojom technológií sa do dendrochronológie zavádzajú aj ďalšie moderné nedeštruktívne metódy, ktoré minimalizujú riziko poškodenia historických artefaktov. Jednou z najvýznamnejších technológií je CT skenovanie (počítačová tomografia),



ktoré využívajú röntgenové žiarenie na vytvorenie detailného trojrozmerného obrazu vnútornej štruktúry dreva. CT skenovanie umožňuje vizualizovať ročné prírastky stromu bez nutnosti rezania dreva a poskytuje tak presný obraz o šírkach ročných kruhov, aj v prípadoch, keď sú narušené alebo nejasné. Táto technika je obzvlášť vhodná pre vzácne historické artefakty, ako sú umelecké predmety, nábytok, dvere či konštrukčné prvky, kde je nevyhnutné zachovať ich neporušenosť (Buksnowitz a kol. 2010). Röntgenová mikrotomografia (micro-CT), ktorá poskytuje ešte vyššie rozlíšenie obrazu v porovnaní s klasickým CT a je ideálna na analýzu malých, jemných artefaktov (Stelzner a Million 2015). Laserové skenovanie, ktoré vytvára presné digitálne modely povrchu drevených prvkov a môže byť kombinované s ďalšími metódami pre podrobné skúmanie ročných kruhov (Balzano a kol. 2019). Magnetická rezonancia (MRI), hoci menej používaná, sa začína používať v oblasti dendrochronológie ako nástroj na štúdium vnútornej štruktúry dreva a jeho chemického zloženia (Bossemma a kol. 2021). Digitálna fotogrametria, ktorá vytvára 3D modely povrchu dreva z fotografií a umožňuje presné meranie šírky ročných kruhov (Shroder 1980). Tieto techniky predstavujú revolúciu v nedeštruktívnej analýze dreva a umožňujú detailné štúdium historických objektov bez narušenia ich integrity vzoriek.

Cieľom príspevku je uviesť niekoľko štúdií, kedy prostredníctvom dendrochronologickej analýzy dreva bolo možné datovať dvere a brány nachádzajúce sa v objektoch národných kultúrnych pamiatok na Slovensku.

## METODIKA ODBERU VZORIEK A DATOVANIA DVERÍ

### Analyzované konštrukcie

Materiál pre dendrochronologický výskum predstavovali priečne rezy drevenými stavebnými prvkami vo vybraných pamiatkových objektoch v rôznych regiónoch Slovenska. Prehľad spracovávaného materiálu v pamiatkových objektoch uvádza tab. 1.

**Tabuľka 1. Prehľad spracovávaného dreveného materiálu a jeho charakteristika vo vybraných pamiatkových objektoch na Slovensku.**

Pamiatkový objekt	Číslo v ÚZPF PÚ SR	Druh konštrukcie	Drevina	Odber materiálu	Doplňkové informácie
Kostol sv. Martina v Čeríne	36/1	Dvere	Dub	Fotovzorka	Medzi svätyňou a sakristiou
Kostol sv. Martina v Dolnom Štáli	88/1	Dvere	Dub	Fotovzorka	Vstupné do kostola
Kostol sv. Juraja v Spišskej Sobote	3062/1	Dvere	Jedľa	Fotovzorka	Vstupné do kostola
Kaštieľ v Tomášikove	59/1	Dvere	Smrek	Fotovzorka	Do podkrovia bránového krídla
Oravský hrad v Oravskom Podzámku	237/31	Brána	Smrek	Fyzické vzorky	Vstupná brána do veža bránovej II
Vinohradnícky dom v Pezinku	10880/1	Brána	Jedľa	Fotovzorka	Vstupná brána

*Poznámka: Číslo v ÚZPF PÚ SR je číslo pamiatkového objektu v Ústrednom zozname pamiatkového fondu, ktorý spravuje Pamiatkový úrad Slovenskej republiky.*



**Obr. 1. Fotografická dokumentácia datovaných historických dverí a brán: a) dvere v kostole sv. Martina v Čeríne, b) deponovaných vstupných dverí do kostola sv. Martina v obci Dolný Štál, c) deponovaných vstupných dverí do kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote, d) vstupných dverí na schodisko vedúce do podkrovia v kaštieli v Tomášikove, e) vstupná brána na Oravskom hrade, f) vstupná brána do vinohradníckeho domu v Pezinku.**

### **Metóda dendrochronologického datovania**

Jednotlivé vzorky boli štandardne xyLOTOMICKY determinované (Schweingruber 1990). Pred vytýčením meracích dráh bol povrch transverzálnych rezov jednotlivých vzoriek štandardne mechanicky preparovaný. Na každej vzorke boli vytýčené dve až tri meracie dráhy, a to na miestach s pravidelným rastom a bez reakčného pletiva.

Ročné prírastky dreva boli merané digitálne na snímkach pomocou softvéru WinDENDRO a CDendro v dendrochronologickom laboratóriu ADendro a na pracovisku dendrochronológie Lesníckej a drevárskej fakulty Mendelovej univerzity v Brne. Šírka ročných kruhov sa merala s presnosťou 0,01 mm. Samotné spracovanie a dendrochronologické datovanie prebehlo v programe PAST4, PAST5 v súlade so štandardnou dendrochronologickou metodikou (Kyncl 2005). Pri porovnávaní ročných prírastkov dverí sa použila štandardná chronológia dubu, jedle, smreku zo Slovenska (quspSVK2016, SKABAL21\_1 autor – M. Choma, ABNCAR15 – autor T. Kyncl, liptov-PCABa – autor T. Kyncl), lokálne Slovenské chronológie (hradu Beckov) a chronológia dubu z Českej republiky (czges2020 – autor T. Kyncl).



Spôľahlivosť datovania bola hodnotená pomocou porovnávacích parametrov. Zásadnými ukazovateľmi sú hodnoty t-testov:  $t_{BP}$  (podľa Baillieho a Pilchera) a  $t_H$  (podľa Hollsteina), ktoré kvantifikujú podobnosť medzi radom ročných prírastkov meraného objektu a štandardnou chronológiou. Ďalším hodnotiacim faktorom je koeficient súbežnosti kriviek  $G_{IK}$ , ktorý sa vyjadruje v percentách. Datovanie sa považuje za spoľahlivé, ak sú hodnoty t-testu vyššie ako 4 a prekrýva sa viac ako 50 ročných kruhov (Kyncl 2017). Tento prístup zaručuje vysokú mieru presnosti a vedeckú spoľahlivosť výsledkov dendrochronologického datovania.

## VÝSLEDKY

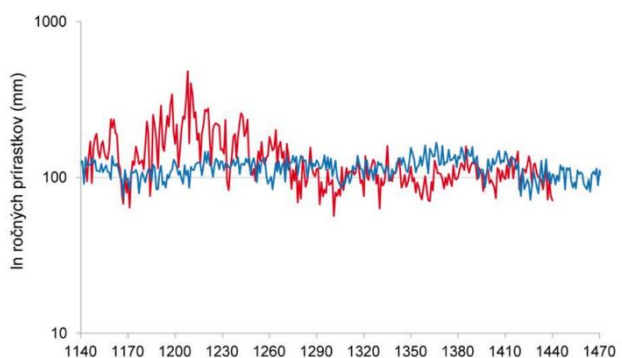
### Výsledky dendrochronologického datovania

Pôvodné dubové dvere v kostole sv. Martina v Čeríne (okres Banská Bystrica) medzi svätyňou a sakristiou (obr. 1a) pozostávali z dvoch dosiek, ktorých šírka bola 68 a 27,4 cm. Na priečných plochách dosiek, t.j. na spodnej strane dverí boli dobre pozorovateľné ročné kruhy. Na bočnom okraji dosiek bola viditeľná hranica beľového dreva, ktorá bola na spodnej ploche dverí aj čiastočne narušená (obr. 2).



Obr. 2. Fotografická dokumentácia radu ročných kruhov na priečnom reze dosiek dverí v kostole v Čeríne.

Dosku 1 bolo možné úspešne datovať podľa českej štandardnej chronológie so súbežnosťou 60,9 % a hodnotami t-testov  $t_{BP}$  (podľa Baillie-Pilchera) a  $t_H$  (podľa Hollsteina) vyššími ako 5 (tab. 2). Vzhľadom k tomu, že datovaná doska 1 dverí neobsahovala podkôrný ročný prírastok, je možné určiť iba rok, po ktorom došlo ku výrubu stromu. Pri interpretácii datovania dubových vzoriek je nutné brať do úvahy aj počet ročných kruhov beľového dreva. Pre územie Slovenska platí, že v závislosti od veku stromu a typu lokality, na ktorej rástol, obsahuje dubový kmeň priemerne 8–26 ročných kruhov beľového dreva (Prokop a kol. 2016). Ku zoľatiu stromu došlo teda niekedy po roku 1449 (obr. 3, tab. 2). Dosku 2 nebolo možné spoľahlivo datovať podľa dostupných štandardných chronológií. Hlavným dôvodom je malý počet ročných kruhov, čo je jeden z hlavných predpokladov úspešného datovania.



Obr. 3. Synchronizácia krivky ročných prírastkov pre dosku 1 (červená krivka)





s dubovou štandardnou chronológiou (modrá krivka).

**Tabuľka 2. Dendrochronologické datovanie dverí vo vybraných objektoch.**

Objekt	Štandardná chronológia	$t_{BP}$ (podľa Baillie-Pilchera)	$t_H$ (podľa Hollsteina)	Glk (%)	Počet ročných kruhov	Datovanie	Interpretácia datovania
Čerín – dvere do sakristie							
doska 1	CZGES2020	5,95	5,79	60,9	298	1440	Po roku 1449
doska 2	–	–	–	–	–	–	–
Dolný Štál – dvere do kostola							
doska 1	doska 2	–	–	72,4	43	(1552)	(Po roku 1552)
doska 2	Hrad Beckov	6,05	5,71	68,6	53	1553	Po roku 1553
doska 3	–	–	–	–	–	–	–
Spišská Sobota – dvere do kostola							
doska 1	ABNCAR15	4,25	4,46	60,0	100	1464	V zime 1464/1465
doska 2	–	–	–	–	33	–	–
doska 3	doska 1	6,63	6,65	63,3	94	1462	Po roku 1462
Tomášikovo – dvere do podkrovia							
doska 1	liptov-PCABa	4,11	4,67	70,3	74	1704	Po roku 1704
Oravský hrad – brána do Veže bránová II							
Doska1	Južný priečnik	–	–	63,8	65	1540	Po roku 1540
Doska2	liptov-PCABa	3,64	4,02	62,9	31	(1528)	(Po roku 1528)
Južný priečnik	liptov-PCABa	4,11	3,98	65,0	110	1607	Po roku 1607
Pezinok – vinohradnícky dom							
Doska 1	SKABAL21_1	4,77	5,19	77,4	73	1788	Po roku 1788

Poznámka: hodnoty  $t$ -testov:  $t_{BP}$  - podľa Baillie-Pilchera,  $t_H$  - podľa Hollsteina, Glk - koeficient súbežnosti kriviek.

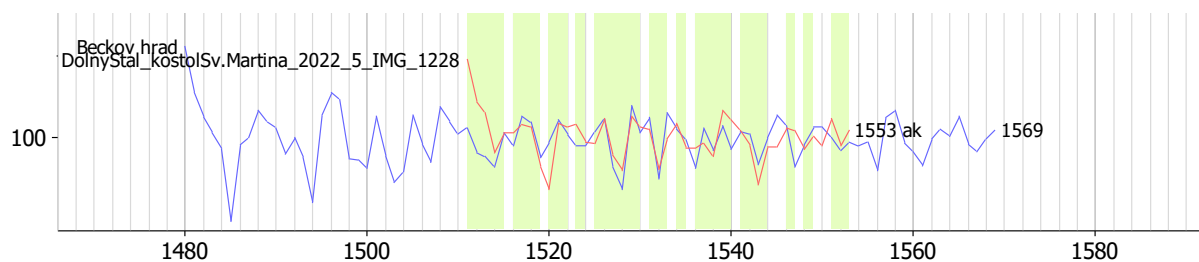
Pôvodné dubové dvere kostola sv. Martina v obci Dolný Štál (okres Dunajská Streda) boli deponované počas rekonštrukcie a umiestnené v skladovom priestore fary. Kostol bol vybudovaný počas 14. – 15. storočia, ale nie je vylúčené jeho staršie vybudovanie (Kresánek a kol. 2009). Počas architektonicko-historického výskumu kostola (realizoval Mgr. art Marián Havlík) boli fotograficky dokumentované 3 široké dubové dosky (obr. 1b a 4), na ktorých sa nachádzali dobové ryté nápisy s obsahom rôznych vŕočení. Najstarší obsahoval vŕočení “1615”. Nápis poukazoval na datovanie v zmysle “*Terminus ante quem*” (v období pred), čo napomohlo k ohraničeniu výroby dverí smerom zhora.





**Obr. 4. Fotografická dokumentácia ročných kruhov na priečnom reze stredovej dosky dubových dverí z kostola v Dolnom Štále.**

Získané rady ročných prírastkov (obr. 4) boli porovnané so slovenskými dubovými štandardnými chronológiami a s lokálnou chronológiou hradu Beckov. Dosku 2 bolo možné úspešne datovať podľa lokálnej chronológie hradu Beckov so súbežnosťou 68,6 % a hodnotami  $t_{BP}$  (podľa Baillie-Pilchera) a  $t_H$  (podľa Hollsteina) vyššími ako 5 (tab. 2). Na vzorke nebola pozorovaná prítomnosť beľového dreva ani podkôrneho ročného kruhu, preto datovanie výrubu môže byť interpretované v zmysle „*Terminus post quem*“, teda výrub jedinca nastal v období po roku 1553 (Choma 2022b). Všetky datované dosky potvrdili rovnaké obdobie výrubu dreva, a preto dvere predstavujú chronologicky jednotnú konštrukciu.



**Obr. 5. Synchronizácia krivky ročných prírastkov pre dosku 2 (červená krivka) s dubovou chronológiou hradu Beckov (modrá krivka).**

Pôvodné jedľové vstupné dvere do kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote (okres Poprad) boli premiestnené z kostola do bránového prechodu na príslušnej fare a zavesené na jednu zo stien (obr. 1c). Kostol s počiatkami výstavby z 13. storočia prešiel gotickou prestavbou pod vedením staviteľa Jorge Steinmetzera medzi rokmi 1460-1464 (Kresánek a kol. 2009), k čomu sa podarilo datovať samotný výrub dreviny určenej na výrobu daných dverí. Boli vypreparované 3 meracie cesty na troch rôznych prvkoch konštrukcie (obr. 6).

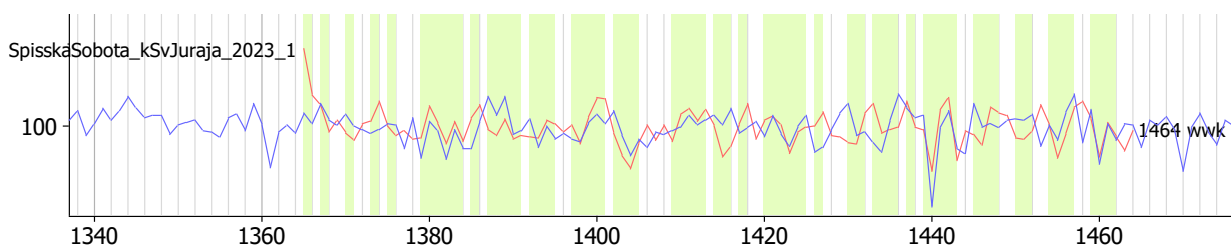


**Obr. 6. Fotovzorka zo vstupných dverí do kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote - zbrúsenie obnažilo pôvodné jedľové drevo, čím sa vytvorila „meracia cesta“ pre meranie šírky ročných prírastkov.**

Získané rady ročných prírastkov boli porovnané s jedľovou štandardnou chronológiou ABNCAR15 (obr. 7) (autor chronológie T. Kyncl). Dosku 1 bolo možné úspešne datovať podľa chronológie so súbežnosťou 60 % a hodnotami  $t_{BP}$  (podľa Baillie-Pilchera) a  $t_H$  (podľa Hollsteina) vyššími ako 4 (tab. 2, obr. 7). Na vzorke bola pozorovaná prítomnosť podkôrneho



ročného kruhu, ktorý bol plne vyvinutý. Preto datovanie výrubu stromu nastal v období zimy medzi rokmi 1464/1465 (Choma 2023). Je to chronologicky jednotná konštrukcia.



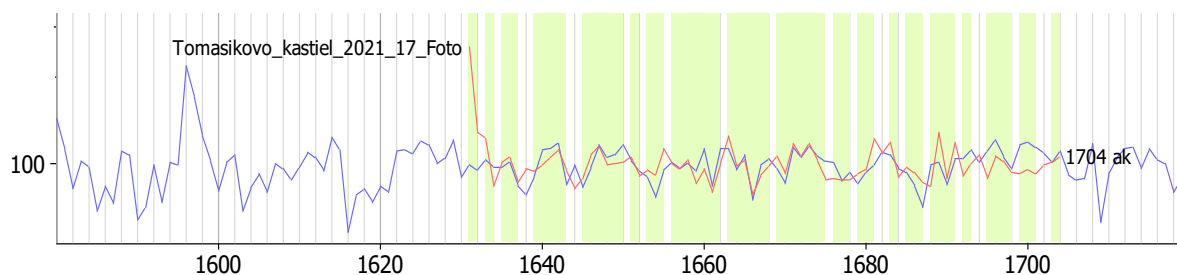
**Obr. 7. Synchronizácia krivky ročných prírastkov pre dosku 1 (červená krivka) s jedľovou chronológiou ABNCAR15 (modrá krivka, autor chronológie T. Kyncl).**

Vstupné dvere na schodisko vedúce do podkrovia sa nachádzajú vedľa brány do areálu kaštieľa Esterházyovcov v Tomášikove (okres Galanta). V rámci architektonicko-historického výskumu (realizoval Mgr. art Marián Havlík a Mgr. Elena Sabadošová) boli vzorkované aj predmetné dvere, aby sa ujasnilo, do ktorej stavebnej etapy je možné ich priradiť (obr. 1d). Vzorkovanie bolo realizované na základe fotovzorky jednej zo zadných dosiek dvier, ktoré boli predtým jemne nabrúsené a pretreté navlhčenou textíliou aby sa zviditeľnila rada ročných kruhov (obr. 8).



**Obr. 8. Fotovzorka prvku vstupných dverí na schodisko zo zadnej strany – ročné kruhy boli zviditeľnené jemným zbrúsením a pretrením navlhčenou textíliou.**

Získaná rada ročných prírastkov bola porovnaná so smrekovou štandardnou chronológiou liptov-PCABa (autor chronológie T. Kyncl). Dosku bolo možné úspešne datovať podľa smrekovej chronológie so súbežnosťou 70,3 % a hodnotami t-testov  $t_{BP}$  (podľa Baillie-Pilchera) a  $t_H$  (podľa Hollsteina) vyššími ako 4 (tab. 2, obr. 9). Na vzorke nebola pozorovaná prítomnosť podkôrneho ročného kruhu, preto datovanie výrubu môže byť interpretované v zmysle „*Terminus post quem*“, teda výrub jedinca nastal v období po roku 1704 (Choma 2021b).

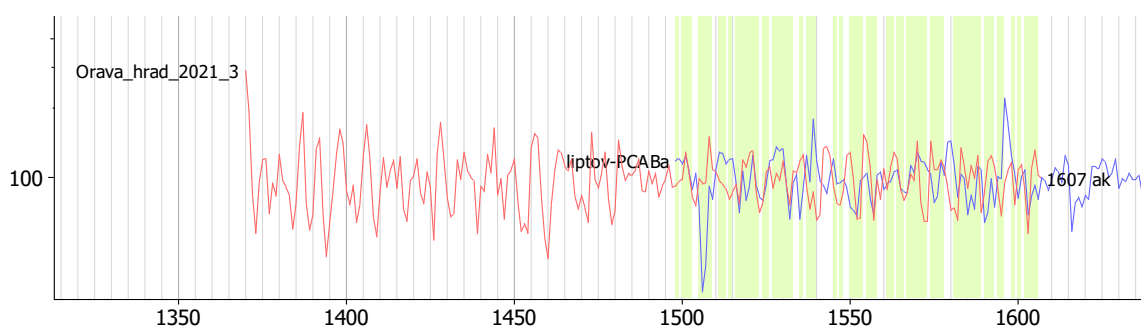


**Obr. 9. Synchronizácia krivky ročných prírastkov pre dosku (červená krivka) so smrekovou chronológiou liptov-PCABa (modrá krivka, autor chronológie T. Kyncl).**



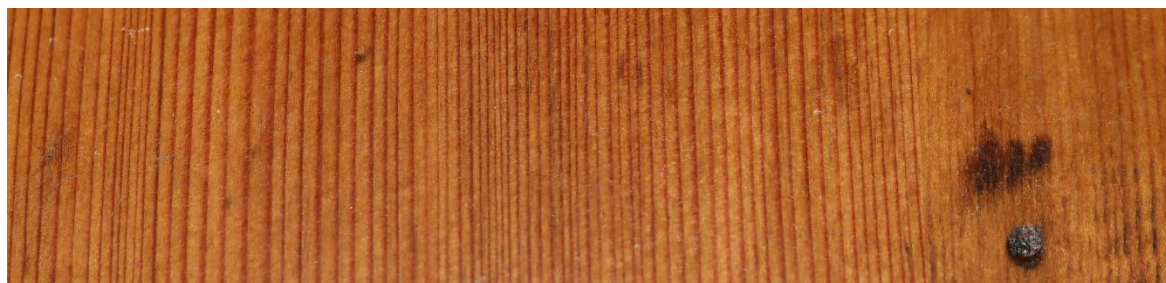
Oravský hrad je jedným z najnavštevovanejších slovenských hradov. Počas prebiehajúceho výskumu veže bránovej I a II boli datované vstupné bránové vráta (veža bránová II, inak označovaná ako severná vstupná brána do predhradia) (obr.1e). Ich stav poukazoval na pôvodnosť konštrukcie ale neznámeho dáta výroby. Stav dreva konštrukcie bol značne poškodený ohňom a nátermi neznámeho druhu.

Získaná rada ročných prírastkov bola porovnaná so smrekovou štandardnou chronológiou liptov-PCABa (autor chronológie T. Kyncl). Dosku bolo možné úspešne datovať podľa smrekovej chronológie so súbežnosťou 65 % a hodnotami t-testov  $t_{BP}$  (podľa Baillie-Pilchera) a  $t_H$  (podľa Hollsteina) vyššími ako 4 (tab. 2, obr. 10). Na vzorke nebola pozorovaná prítomnosť podkôrneho ročného kruhu, preto datovanie výrubu môže byť interpretované v zmysle „*Terminus post quem*“, teda výrub jedinca nastal v období po roku 1607 (Choma 2021a). Prvok však vykazoval na povrchu prirodzené zakrivenie kmeňa avšak bol poškodený ohňom. Je možné sa domnievať, že do výrubu jedinca chýba istý menší počet ročných kruhov. Stavba bola postavená medzi rokmi 1606-1616 (PÚ SR 2024), takže samotná brána je pôvodnou konštrukciou z doby výstavby Veže bránovej II.



**Obr. 10. Synchronizácia krivky ročných prírastkov (červená krivka) so smrekovou chronológiou liptov-PCABa (modrá krivka, autor chronológie T. Kyncl).**

Počas výskumu vinohradníckeho domu v centre mesta Pezinok bola datovaná aj vstupná brána na parcelu domu (obr. 1f). Brána pred vzorkovaním prešla reštaurovaním. 9. apríla 1832 veľká časť mesta zhorela a v kronike sa píše, že tri štvrtiny mesta boli zničené (Pospeschová 2018). Dlhodobým cieľom dendrochronologického výskumu v meste Pezinok je okrem iného aj zachytenie možných pôvodných konštrukcií, ktoré tomuto požiaru odolali. Získaná rada ročných prírastkov (obr. 11) bola porovnaná s jedľovou štandardnou chronológiou SKABAL21\_1 (autor chronológie M. Choma).



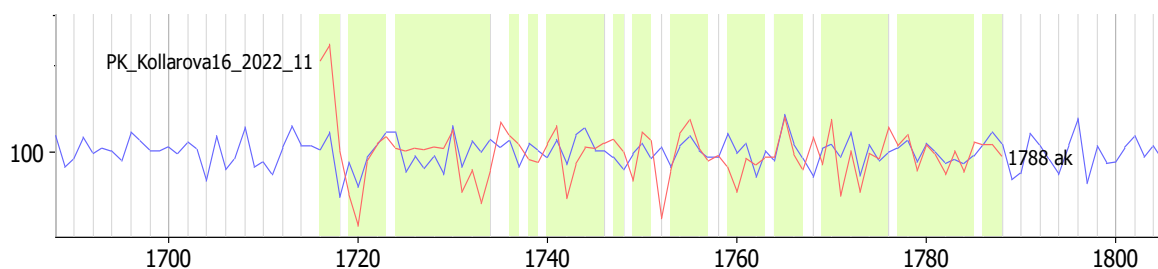
**Obr. 11. Rada ročných kruhov vstupnej brány vinohradníckeho domu v Pezinku.**

Dosku bolo možné úspešne datovať podľa jedľovej chronológie so súbežnosťou 77,4 % a hodnotami t-testov  $t_{BP}$  (podľa Baillie-Pilchera) a  $t_H$  (podľa Hollsteina) vyššími ako 4 (tab. 2, obr. 12). Na vzorke nebola pozorovaná prítomnosť podkôrneho ročného kruhu, preto datovanie výrubu môže byť interpretované v zmysle „*Terminus post quem*“, teda výrub jedinca nastal





v období po roku 1788 (Choma 2022a). Ide teda o konštrukciu, ktorá mohla byť vyrobená s vysokou pravdepodobnosťou až po spomenutom požiari v roku 1832.



**Obr. 12. Synchronizácia krivky ročných prírastkov (červená krivka) s jedľovou chronológiou SKABAL21\_1 (modrá krivka, autor chronológie M. Choma).**

### **Porovnanie objektov na základe dendrochronologického datovania**

Výsledky dendrochronologického datovania štyroch dverí a dvoch brán zo šiestich historických objektov z rôznych lokalít Slovenska boli sumarizované v tab. 2. Dendrochronologické datovanie bolo realizované prevažne z fotografií a bolo podložené analýzou dreva odobratého z konštrukcií, hlavne pri stanovení, či ide o drevo smreka alebo jedle. Podľa výsledkov môžeme konštrukcie drevených dverí a brán rozdeliť nasledovne:

a) Konštrukcie pochádzajúce z gotiky:

- Dvere medzi svätyňou a sakristiou v kostole sv. Martina v Čeríne boli vyrobené z jedincov stromov vyťatých v období po roku 1440 (interpretovaný ako rok 1449). Patria ku najstarším a dodnes funkčným dverám zo súboru datovaných konštrukcií. Vznikom patria do obdobia rannej gotiky podobne ako aj kostol. Na jednej z dosiek dverí bol dokumentovaný veľmi vysoký počet ročných kruhov (298). Tento vysoký počet naznačuje dlhý vek dubového stromu použitého pri výrobe a precízny výber dreveniny.
- Vstupné dvere do kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote boli vyrobené z jedincov stromov, ktorých výrub nastal v roku 1464/1465. Majú nižší počet ročných kruhov (dosky obsahovali 100, 94 a 33 ročných kruhov) a sú vyrobené z jedľového dreva. Opäť možno poukázať na precízny výber jedľového stromu na ich výrobu.
- Vstupné dvere do kostola sv. Martina v Dolnom Štále boli vyrobené z jedincov stromov, ktorých výrub nastal v období po roku 1533, majú 53 ročných kruhov, čo naznačuje mladšie drevo v porovnaní s dverami medzi svätyňou a sakristiou v kostole sv. Martina v Čeríne alebo vstupnými dverami do kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote. Obe úspešne datované dosky potvrdili tento časový údaj.

b) Konštrukcie pochádzajúce z renesancie: vstupná brána do Veže bránovej II na Oravskom hrade v Oravskom Podzámku bola vyrobená z jedincov stromov zoťatých v období po roku 1607 a má 65 ročných kruhov. Potvrdilo sa, že samotná brána je pôvodnou konštrukciou z doby výstavby veže.

c) Konštrukcie pochádzajúce z baroka: vstupné dvere na schodisko vedúce do podkrovia sa nachádzajú vedľa brány do areálu kaštieľa Esterházyovcov v Tomášikove a boli vyrobené z jedincov stromov zoťatých v období po roku 1704, majú nižší počet ročných kruhov, ale stále vysokú kvalitu dreva. Datovaním sa potvrdilo, že sa jedná o pôvodné dvere z obdobia výstavby jedného z objektov kaštieľa.

d) Konštrukcie pochádzajúce zo (začiatku) klasicizmu: vstupná brána vo vinohradníckom dome v Pezinku bola vyrobená z jedincov stromov zoťatých v období po roku 1788. Je



to najmladšia konštrukcia v súbore datovaných konštrukcií. Má nižší počet ročných kruhov, ale stále vysokú kvalitu dreva.

### **Špecifiká a obmedzenia dendrochronologického datovania dverí a brán**

Vybrané konštrukcie dverí a brán patria medzi jemné stolárske až tesárske výrobky, ktoré sú vo všeobecnosti náročné na dendrochronologické datovanie. K obmedzeniam dendrochronologického datovania patrí:

- a) Opracovanie dreva: počas výroby je drevo opracované zo všetkých strán, a tak je výnimočné, keď sa na konštrukcii nájde prvok s prítomnosťou podkôrneho ročného kruhu.
- b) Citlivosť na degradačné faktory: pri dubových konštrukciách výrobca často odstraňuje belové drevo v maximálnej možnej miere, aby zabránil degradácii dreva hmyzom alebo hubami, nakoľko táto časť dreva je vysoko degradovateľná týmito biologickými škodcami.
- c) Fyzické poškodenie: exteriérové dvere sú vystavené silnému mechanickému namáhaniu a vplyvu rôznych teplôt a vlhkostí interiéru a exteriéru, čo spôsobuje prítomnosť rosného bodu na ich povrchu a neustálu vlhkosť konštrukcie. Brány, ktoré oddeľovali priestor pozemku od vonkajšieho priestoru, plnili bezpečnostnú úlohu a stupeň zabezpečenia odrážal významnosť objektu (napr. brána v Pezinku na vinohradníckom dome verzus opancierovaná brána Oravského hradu), a preto môžu byť mechanicky opotrebené.
- d) Nízky počet ročných kruhov: väčšina prvkov stolárskych konštrukcií má príliš nízky počet ročných kruhov pre spoľahlivú analýzu a interpretáciu. Toto je najlimitujúcejší faktor dendrochronologického datovania.

## **ZÁVER**

Dendrochronológia je jednou z kľúčových metód, ktorá umožňuje nielen presné datovanie historických drevených konštrukcií, vrátane dverí a brán, ale aj poskytuje širšie poznatky o historických podmienkach, v ktorých tieto objekty vznikali. Spoľahlivosť tejto metódy spolu s jej nedeštruktívnymi alternatívami, ako je fotografický záznam (fotovzorka), robí z dendrochronológie neoceniteľný nástroj v oblasti ochrany kultúrneho dedičstva. Na uvedených príkladoch boli demonštrované jednotlivé podmienky a obmedzenia použitia dendrochronologického datovania drevených dverí a brán.

## **REFERENCIE**

- BALZANO, A., NOVAK, K., HUMAR, M., ČUFAR, K., 2019. Application of confocal laser scanning microscopy in dendrochronology. *Les/Wood*, 68(2), 5-17.
- BOSSEMA, F.G., DOMÍNGUEZ-DELMÁS, M., PALENSTIJN, W.J., KOSTENKO, A., DORSCHIED, J., COBAN, S.B., HERMENS, E., BATENBURG, K.J., 2021. A novel method for dendrochronology of large historical wooden objects using line trajectory X-ray tomography. *Scientific Reports*, 11(1), 11024.
- BOŠELA, M., LUKÁČ, M., CASTAGNERI, D., SEDMÁK, R., BIBER, P., CARRER, M., KONÔPKA, B., NOLA, P., NAGEL, T.A., POPA, I. ROIBU, C.C., SVOBODA, M., TROTSIUK, V., BÜNTGEN, U. 2018. Contrasting effects of environmental change on the radial growth of co-occurring beech and fir trees across Europe. *Science of the Total Environment*, 615, 1460-1469.
- BÜNTGEN, U., TROUET, V., FRANK, D., LEUSCHNER, H. H., FRIEDRICH, D., LUTERBACHER, J., ESPER, J. 2010. Tree-ring indicators of German summer drought over the last millennium. *Quaternary Science Reviews*, 29(7-8), 1005-1016.





- CHOMA, M. 2021a. Dendrochronologický výskum vzoriek zo západnej bašty Oravského hradu. Protokolové číslo 109/2021. Výskumná dokumentácia.
- CHOMA, M. 2021b. Dendrochronologický výskum vzoriek z kaštieľa Esterházyovcov v Tomášikove. Protokolové číslo 128/2021. Výskumná dokumentácia.
- CHOMA, M. 2022a. Dendrochronologický výskum vzoriek z vinohradníckeho domu v Pezinku na Kollárovej ulici č. 16. Protokolové číslo 144/2022. Výskumná dokumentácia.
- CHOMA, M. 2022b. Dendrochronologický výskum vzoriek z kostola sv. Martina v Dolnom Štále. Protokolové číslo 163/2022. Výskumná dokumentácia.
- CHOMA, M. 2023. Dendrochronologická analýza brány z kostola sv. Juraja v Spišskej Sobote. Protokolové číslo 207/2023. Výskumná dokumentácia.
- ECKSTEIN, D. AND WROBEL, S., 2007. Dendrochronological proof of origin of historic timber-retrospect and perspectives. *TRACE-Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology*, 5, 8-20.
- KYNCL, J. 2005. Dendrochronologické datování krovů. In: J. Vinař: Historické krovky II, Grada, Praha.
- KYNCL, J. 2016. Letokruhy jako kalendář i záznamník, Grada, Praha, 144 s.
- KRESÁNEK, P. 2009. Ilustrovaná encyklopédia pamiatok Slovensko, Simplicissimus, Bratislava.
- POSPECHOVÁ, P. 2018. O Pezinských požiaroch II. In: *Pezinčan* 3/2018. Pezinok, 9.
- PROKOP, O., KOLÁŘ, T., BÜNTGEN, U., KYNCL, J., KYNCL, T., BOŠELA, M., CHOMA, M., BARTA, P., RYBNÍČEK, M., 2016: On the paleoclimatic potential of a millennium-long oak ring width chronology from Slovakia. *Dendrochronologia* 40, 93-101.
- PÚ SR 2024. Register pamiatkových objektov Slovenska. Dostupné online: [www.pamiatky.sk](http://www.pamiatky.sk)
- RYBNÍČEK, M., KOČÁR, P., MUIGG, B., PEŠKA, J., SEDLÁČEK, R., TEGEL, W., KOLÁŘ, T. 2020. World's oldest dendrochronologically dated archaeological wood construction. *Journal of Archaeological Science*, 115, 105082.
- Shroder JR, J.F., 1980. Dendrogeomorphology: review and new techniques of tree-ring dating. *Progress in Physical geography*, 4(2), 161-188.
- SOCHOVÁ, I., KOLÁŘ, T., RYBNÍČEK, M., 2021. The dendrochronological proof of origin of oak churches located in the Czech Republic. *Dendrochronologia*, 70, 125892.
- STELZNER, J., MILLION, S., 2015. X-ray computed tomography for the anatomical and dendrochronological analysis of archaeological wood. *Journal of Archaeological Science*, 55, 188-196.
- THUN, T., ALSVIK, E. 2009. Dendrochronological dating of four chests: a surprising result. *Dendrochronologia*, 27(1), 71-74.

### Pod'akovanie:

Táto práca bola v spolupráci s projektom VEGA 1/0656/23.

### Adresa autorov:

Mgr. et Mgr. Mojmír Choma  
ADendro  
A. Dubčeka 14  
921 01 Piešťany  
Slovenská republika  
e-mail: [mojmirch@gmail.com](mailto:mojmirch@gmail.com)

Ing. Zuzana Vidholdová, PhD.  
Technická univerzita vo Zvolene  
Drevárska fakulta  
T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen  
Slovenská republika  
e-mail:  
[zuzana.vidholdova@tuzvo.sk](mailto:zuzana.vidholdova@tuzvo.sk)

Ing. Tomáš Kolář, Ph.D.  
Mendelova univerzita v Brně  
Lesnická a dřevařská fakulta  
Zemědělská 3  
613 00 Brno  
Česká republika  
e-mail: [tomas.kolar@mendelu.cz](mailto:tomas.kolar@mendelu.cz)



## DREVENÉ OBKLADY INAK

Stanislava Švatner Troppová – Roman Nôta

### Abstrakt:

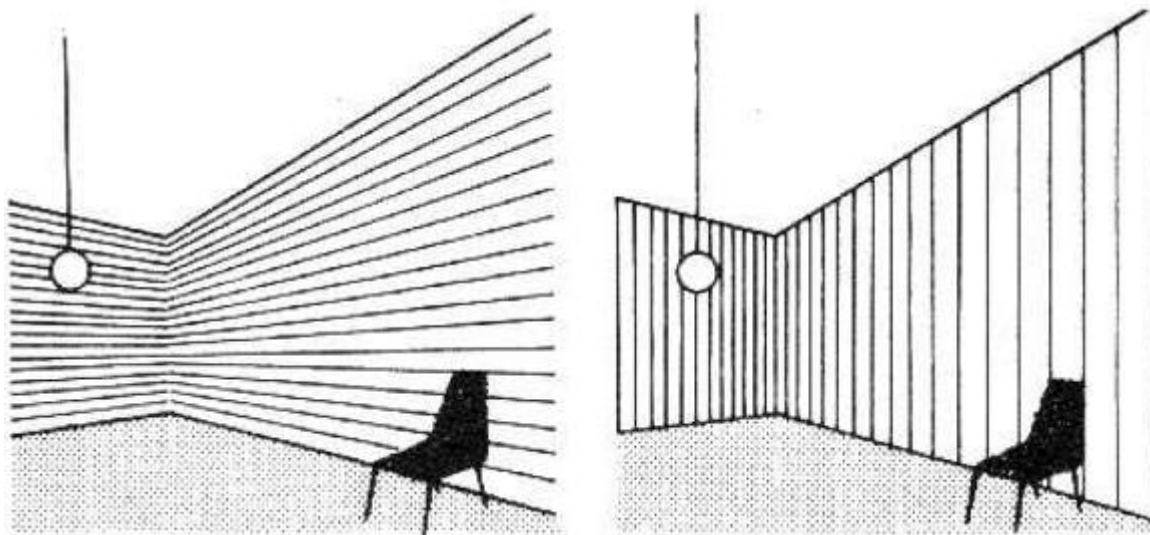
Všetci poznáme drevené obklady. V minulosti tak „populárny“ tatranský profil je dnes vnímaný ako obklad „lesných“ chat a rekreácie v štýle dôb minulých. Avšak aj výrobcovia drevených obkladov sa snažia ísť s dobou a využívajú nápady mladých ľudí, ktorý nie sú poznačený minulosťou a ich nápady využiť v modernom ponímaní drevených obkladov. Využitia tradičných konceptov v netradičnom ponímaní či pridanej hodnoty až do nečakaných podôb.

**Kľúčové slová:** drevené obklady, nábytok, odkladací systém.

### ÚVOD

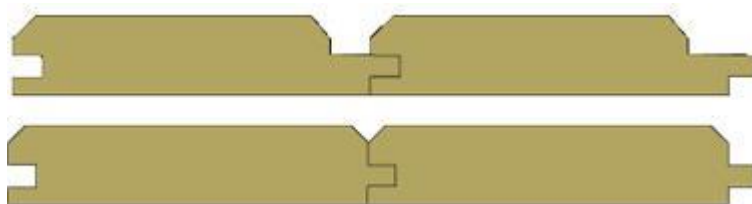
Úlohou obloženia stien je ich ochrana pred poškodzovaním. Pre funkčné obloženie sú však dôležité aj iné kritériá ako sú napríklad akustické, svetelno a tepelno-technické, hygienické, konštrukčno technické vlastnosti a iné. (Havránek, Kouřil 1950; Jochim, Štefko, Veselovský 2009).

Obloženie má však v neposlednom rade aj dekoratívnu funkciu. Správny výber typu, tvaru, farby a pod. Má zásadný vplyv na vnímanie priestoru v ktorom je použité. Ako sme spomenuli v abstrakte obloženie z profilovaných lát v prevedení tatranský profil je vnímané ako použitie v rekreačných objektoch. Samotné použitie obkladov však dotvára architektonický ráz interiéru. Napríklad pri už spomínanom obklade z profilovaných dosiek vieme doceliť ich uložením inú dynamiku priestoru (obr. 1).



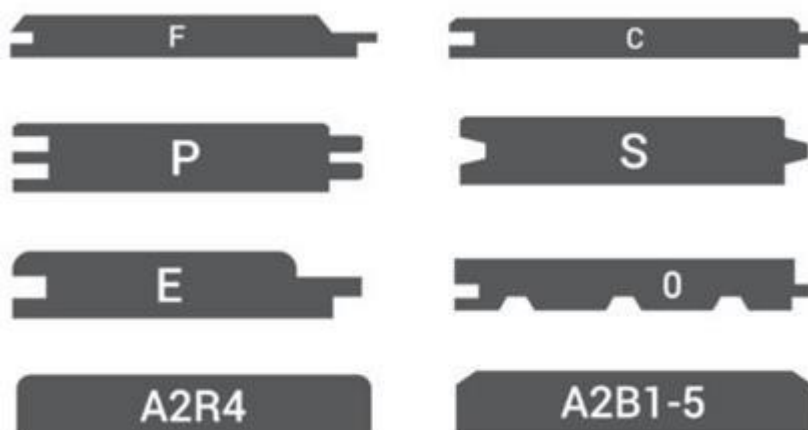
**Obr. 16** Rovnaké miestnosti a ich časti pôsobia vplyvom rôzneho členenia nie len ako rôzne veľké ale aj vo výraze ako celkom rozdielne (Neufert ISBN 9788090148642, praha 1995)

Čo sa týka samotných profilov obkladových dosiek je na výber podstatne väčšie množstvo ako „len“ tatranský profil. Teda obklad pero-drážka s priznanou škárou. Najrozšírenejšie prevedenie profilu ja na obrázku č.2.



**Obr. 17** Najbežnejší profil obkladu označovaný ako “tatranský profil” (drevené-obklady.sk)

Čo sa týka samotných profilov obkladových dosiek je na výber podstatne väčšie množstvo napríklad ako je na obrázku č. 3.



**Obr. 18** Výber profilov obkladových dosiek ponúkaných v súčasnosti (secacz.cz)



**Obr. 19** Výber profilov obkladových dosiek spoločnosti Serafin Campestrini s.r.o.

## CIEĽ

Cieľom práce bolo v spolupráci s výrobcou obkladov a študentov Katedry dizajnu nábytku a interiéru vytvoriť netradičné riešenia a možnosti použitia dreveného obkladu. Študenti sa v prvom rade oboznámili s výrobnými procesmi a technickými pramaterami výrobkov, ich konštrukciou a technológiou výroby a montáže. Čím načerpali inšpiráciu na návrh netradičných riešení. Konkrétnu úlohu nemali, jediné zadanie bolo nebáť sa nekonvenčne myslieť.





Obr. 20 Oboznamovanie sa študentov s výrobou a výrobkami spoločnosti Serafin Campestrini s.r.o.



Obr. 21 Tvorivá činnosť študentov priamo v sídel spoločnosti Serafin Campestrini s.r.o.

## VÝSLEDKY

Počas tejto spolupráce vzniklo šesť návrhov z toho Vám predstavíme tri.

### **SWWS – Split Wood Wall System**

Návrh sa inšpiroval myšlienkou „využitie nevyužiteľného“. Jeho podstatou je využitie trhlín, ktoré sú považované za chybu dreva a vo finálnych výrobkoch sa nevyskytujú. Vstupný materiál s trhlinou býva vyradený a určený na energetické zhodnotenie.

Návrh spočíva vo využití trhliny, či už prirodzenej alebo umelo vytvorenej (štiepaním). „Cieľom je spájanie zdanlivo neestetických prvkov, čím sa má poukázať na schopnosť vytvárať krásu v nedokonalostiach.“ (Hatalová, Koišová 2024).



Obr. 22 Inšpirácia trhlinou (foto: Hatalová, Koišová 2024)



Obklad sa rozdelí medzerou, pričom krajné prvky sú z jedného rozdelené „trhlinou“. Do tejto medzery sa vloží otočný prvok, ktorý môže slúžiť rôznym účelom, napríklad ako policový systém či spôsob uloženia prebytočných elektrických káblov.

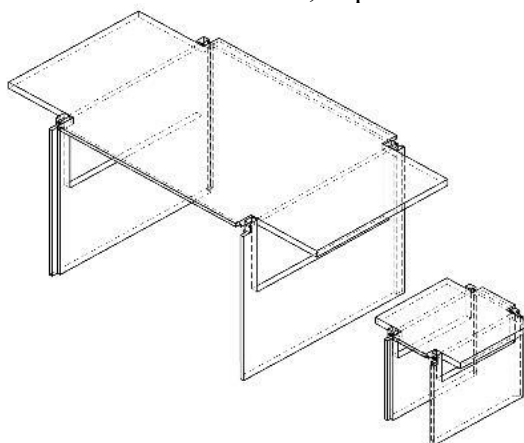


Obr. 23 Príklady použitia systému SWWS v interiéri (Hatalová, Koišová 2024)

### **COMPACT – Exteriérové sedenie**

Problém s exteriérovým sedením z dreva je hlavne jeho životnosť. V prípade nepriaznivého počasia je vhodné ho uskladniť v chránených priestoroch. V tomto prípade je potom vhodnou vlastnosťou ich stohovateľnosť resp. skladovateľnosť.

Prečo nevyužiť netradične obklad na sedenie, nepredstaviteľné?



Obr. 24 Schématické znížornenie rozloženeého sedenia (Vallová, Süttőová, Lojdová 2024)





**Obr. 25** Príklady použitia sedenia (Vallová, Süttöová, Lojdová 2024)

Jednoduchým zásuvným spôsobom si skladateľný nábytok „odložíme“ na stenu. V prípade dostatočnej plochy steny je takto možné odložiť aj väčšie množstvo „nábytku“. *„Ide o hravé exteriérové sedenie integrované do obkladu. S pomocou jednoduchého ohybu si môže užívateľ s ľahkosťou vysunúť sedenie zo steny“* (Vallová, Süttöová, Lojdová 2024).

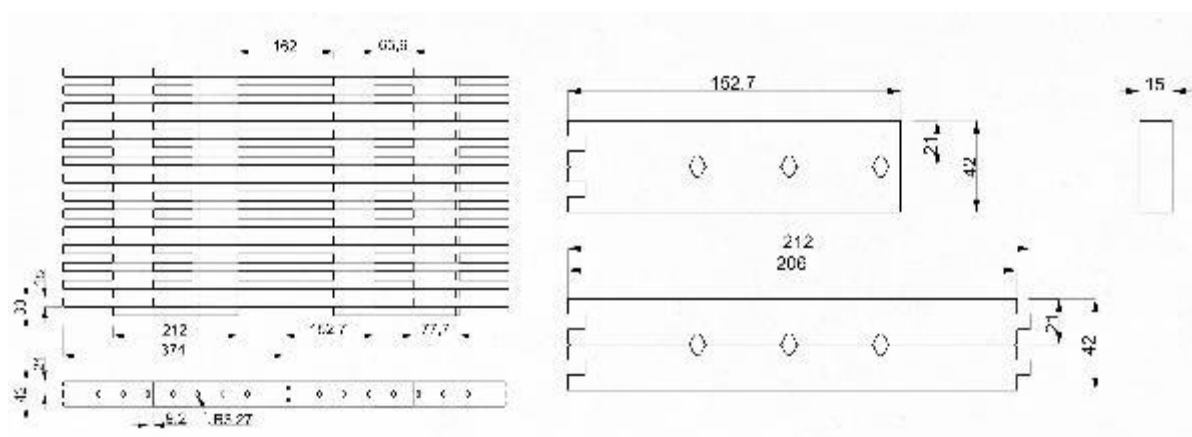


**Obr. 26** Celkový pohľad na zložený aj rozložený nábytok (Vallová, Süttöová, Lojdová 2024)

### **MDS – modulárny drevený systém**

Ide o systém vonkajšieho obkladu budovy s pridanou hodnotou tienenia. Návrh je inšpirovaný zhodnotením odpadových prvkov. *„Návrh je vypracovaný z drevných podláh. Produkt využíva všetky konštrukčné prvky podláh.“* (Kamenská, Kapiašová 2024)

Pri skracovaní polotovarov na výrobu podlahových vlysov vzniká odpad, ktorý sa najčastejšie využíva na energetické účely. Tento návrh pracuje s jeho ekonomickým zhodnotením. Pričom v rôznych rastroch vyskladá zlepené prvky do požadovaného obloženia. A jednoduchou manipuláciou, otočením okolo upevňovacej tyče, užívateľ môže dosiahnuť zmeny prieniku slnečného svetla do interiéru.



Obr. 27 Schematické znázornenie prvkov (Kamenská, Kapiášová 2024)



Obr. 28 Príklad využitia systému na terase (Kamenská, Kapiášová 2024)



Obr. 29 Príklad využitia systému ako obkladu – tienenia (Kamenská, Kapiášová 2024)



## ZÁVER

Prezentované výstupy vytvorili študenti dizajnu nábytku a interiéru počas týždňovej stáže v spoločnosti Serafin Campestriny s.r.o. ktorá bola založená v roku 1915 a až do súčasnosti sa venuje spracovaniu drevnej hmoty. Do jej portfólia patria hlavne obkladové, terasové a podlahové drevené prvky.

Návrhy síce vykazujú určité konštrukčné nedostatky, ktoré by sa dali ľahko odstrániť pri konzultácii s potenciálnym výrobcom. Avšak aj napriek týmto neduhom, už zaujali zamestnancov spoločnosti ako aj odbornú verejnosť. Ide o návrhy ktoré ponúkajú iný pohľad na možnosti využitia a poňatia drevených obkladov.

Z toho dôvodu považujeme za veľmi dôležité naďalej podporovať výukový proces skĺbený aj so spoluprácou s firmami.

## LITERATÚRA:

- HATALOVÁ M., KOIŠOVÁ M., 2024, SWWS Split wood wall system, , Poster, Technická Univerzita vo Zvolene, 2024
- HAVRANEK K., KOUŘIL J., 1950, Odborná náuka stolárska, II. diel, Štátne nakladateľstvo v Bratislave 1950
- JOCHIM S., ŠTEFKO J., VESELOVSKÝ J., 2009, Stavebnostolárske výrobky- pre drevené stavebné konštrukcie, Vydavateľstvo Technickej Univerzity vo Zvolene, ISBN 978-80-228-1885-8, Zvolen, 2009
- KAMENSKÁ N., KAPIAŠOVÁ D., 2024, MDS. Modulárny drevený systém, Poster, Technická Univerzita vo Zvolene, 2024
- NEUFERT E. 1995, Navrhování staveb, 33. zcela nově přepracované vydání v nové úprave s 5800 vyobrazeními a tabulkami, CONSULT invest, ISBN 9788090148642, Praha, 1995
- VALLOVÁ M., SÜTTÖOVÁ T., LOJDOVÁ T., 2024, COMPACT, Poster, Technická Univerzita vo Zvolene, 2024
- PROFILY V SEKCI BYDLENÍ, 2024-16-09, on line < <https://www.secacz.cz/nas-sortiment/bydleni/>>, Serafin Campestrini s.r.o. – SECA Borohrádek, Borohrádek, 2024
- TATRANSKÝ OBKLAD, 2024-16-09, on line < <https://www.drevene-obklady.sk/tatransky-obklad/>>, DeDeWood s.r.o, Tvrdošín, 2024

## PodĎakovanie

Chceli by sme sa poďakovať spoločnosti Serafin Campestriny s.r.o za spoluprácu a možnosť navštíviť ich výrobné priestory. Tento workshop bol podporený programom Erasmus+.

## Adresa autorov:

Ing. arch Stanislava Švantner Troppová  
Technical University in Zvolen  
Department of Furniture and Interior Design  
T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen  
e-mail: stanislava.svantner@tuzvo.sk

Ing. Roman Nôta, PhD.  
Technical University in Zvolen  
Department of Furniture and Interior Design  
T.G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen  
e-mail: nota@tuzvo.sk



## EKONOMICKÁ ÚSPEŠNOSŤ INOVÁCIÍ V DREVOSPRACUJÚCOM PRIEMYSLE

Rastislav Čerešňa

### Abstract:

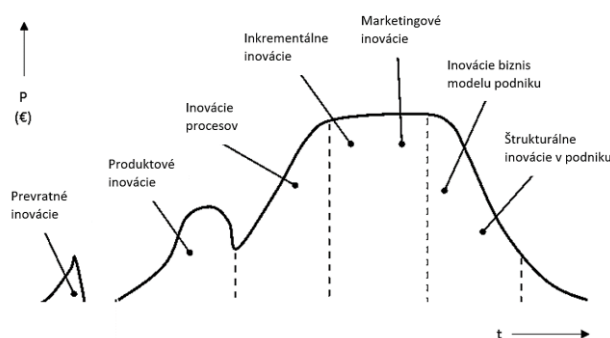
In the wood processing industry, as in other industries, it is crucial not only to maximize current profits from the production and sale of current products, using the technologies currently available, the company management must also focus on future profit-generating and preparing suitable conditions for future growth through innovation processes. Innovation can be diverse: technological, product, social, etc. In the innovation process, it is necessary to take into account and evaluate the factors affecting its success, i.e. due information, size of innovation's added value, substitution products, and also to use the procedures/methods for managing the innovation process, gaining support from R&D funding schemes, marketing and performing economic analysis of the innovation.

**Keywords:** innovation, innovation process, added value, substitution product, innovation process management, marketing of innovation, economic analysis of innovation.

### ÚVOD

Pojem „ekonomická inovácia“ Alexy (2016) vysvetľuje podľa J. Schumpetera a jeho diela „Teória hospodárskeho vývoja“, ako: *a)* uvedenie nových alebo kvalitnejších produktov na trh, *b)* uvedenie nových metód produkcie, *c)* otvorenie nových trhov, na ktoré dané odvetvie ešte nevstúpilo, *d)* získanie nových zdrojov surovín alebo polotovarov na výrobu produktov, ktoré zatiaľ ešte neboli využívané (technologický odpad a pod.).

Vzhľadom na to, že situácia na trhu sa neustále mení, t.j. mení sa aj dopyt po jednotlivých produktoch, a zároveň sa objavujú nové spracovateľské možnosti a technológie, podnikový manažment musí podnik neustále adaptovať na aktuálne podmienky, tzn. modifikovať jeho vlastnosti tak, aby aj v budúcnosti dokázal prinášať zisk. Alexy (2016) tento jav uvádza ako tzv. Darwinov efekt, kde firmy musia v konkurenčnom prostredí inovovať, na to aby prežili. Spôsoby, ktorými sa to dá dosahovať, sú: inovovanie firemných procesov, inovovanie výrobných technológií a inovovanie produktového portfólia. Markkula a Lappalainen (2008) uvádzajú, ktoré typy inovácií sú dominantné počas inovačného procesu (obr. 1), kde tvar diagramu je odvodený od klasického životného cyklu produktu a osami diagramu sú Predaj (P) a čas (t).



Obr. 1 Typy inovácií počas inovačného procesu (Markkula a Lappalainen, 2008).





Na to, aby bola inovácia pre firmu zmysluplná, musí byť ekonomicky výhodná, t.j. musí byť predpoklad, že v budúcnosti vyprodukuje pre firmu zisk, ktorý sa musí dať aj vyčíslieť. Chromjaková a Rajnoha (2009) uvádzajú metriky inovácií (tab. 1).

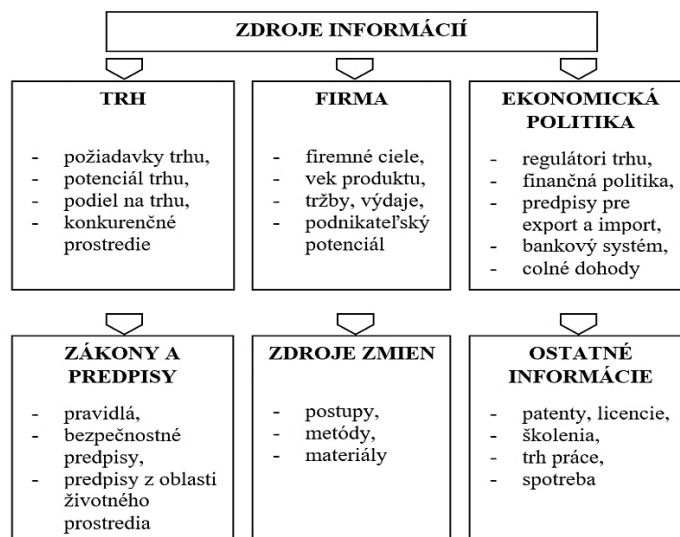
**Tabuľka 1. Metriky inovácií (Chromjaková a Rajnoha, 2009).**

Návratnosť investícií do inovácií	Ziskovosť produktu inovácie podľa fáz životného cyklu
Objem tržieb (zisku) z inovovaných produktov	Percentuálny pokles nákladov inovovaných procesov a produktov
Pomer tržieb inovovaného produktu k celkovým tržbám	Percentuálny pomer profitov z úspešnej inovácie podľa jej typu (nový produkt, zlepšenie produktu/procesu, ...)
Percentuálny rast tržieb v dôsledku úspešnej inovácie	Tržby z inovácie produktu na pracovníka
Doba životnosti inovovaného produktu	

## FAKTORY ÚSPECHU INOVAČNÉHO PROCESU

### Získanie relevantných informácií

Inovácia produktu zväčša nebýva samoúčelná a náhodná, ale je odpoveďou na meniace sa nálady spotrebiteľov, ich požiadavky, meniace sa legislatívne predpisy, a meniacu sa cenu surovín alebo technológií. Z týchto dôvodov je potrebné pred samotným inovačným procesom urobiť analýzu momentálneho stavu trhu, konkurenčných produktov, súvisiacej legislatívy a motivačných činiteľov inovovania (napr. dotácie na inovácie, superodpočet a pod.). Toto môže byť vykonané formou interview, dotazníkom, prieskumom trhu pomocou internetu, návštevou veľtrhov a výstav, konzultáciou s poradenskými subjektami, a pod. Na základe takto zhromaždených informácií si firma zvolí inovačný rámec pre produkt, inovačnú stratégiu produktu, alebo pôjde cestou vývoja úplne nového produktu. Na obr. 2 sú uvedené zdroje vonkajších a vnútorných informácií potrebných na sformovanie inovačnej stratégie výrobku.



**Obr. 2 Vonkajšie a vnútorné informácie na formovanie inovačnej stratégie výrobku (Szakály).**

Na to, aby bola inovačná činnosť vôbec možná je potrebná vedomostná základňa (tzv. know-how) vo firme, ktorá inovuje, alebo mimo nej. Znamená to, že firma buď disponuje vlastným R&D oddelením, alebo potrebné know-how kupuje alebo si prenajíma od externých výskumno-vývojových firiem (tzv. outsourcing) formou výskumu na zákazku alebo formou licencie. Vzhľadom na to, že každá inovácia je krokom do neznáma, firma musí dobre zvážiť,





ktorá z týchto variant nadobúdania potrebného know-how je pre ňu ekonomicky najvýhodnejšia.

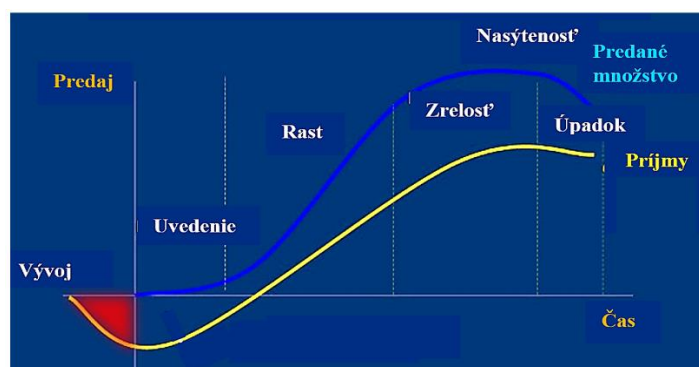
V drevospracujúcom priemysle (DSP), ako aj v iných odvetviach, je rozšírená spolupráca medzi výrobnými podnikmi a univerzitami na výskumno-vývojových zadaniach, pretože univerzity dokážu robiť kvalitný výskum za nižšie ceny ako vývojárske firmy. Univerzity tiež disponujú oddeleniami alebo kanceláriami tzv. Transferu technológií, ktoré majú na starosti posun inovačných riešení, prototypov a technológií, vzniknutých na univerzite, do praxe – tzn. ich komercializáciu u výrobných firiem.

### Vytvorenie pridanej hodnoty inováciou

Základným predpokladom úspešnosti inovácie na trhu je jej pridaná hodnota. Tvorí ju rozdiel vo vlastnostiach, možnostiach použitia, funkcionalite alebo vo výške finančného výnosu (zisku) oproti predchádzajúcemu produktu s tým istým, alebo podobným určením. Táto pridaná hodnota je prínosom jednak pre producenta inovácie, aj pre spotrebiteľa produktu alebo technológie, a taktiež pre celú ekonomiku.

#### a) Prínos pre producenta inovatívneho produktu

Za nové alebo rozšírené (obohatené) vlastnosti produktu bude zákazník pravdepodobne ochotný priplatiť, čiže inovatívny produkt bude zarábať pre firmu viac, než predchádzajúci produkt (substitút) - po odčítaní nákladov na vývoj a implementáciu inovácie. Inokedy inovácia zabezpečí, že zákazník zostane pri určitej značke (výrobcovi), a nerozhodne sa prejsť k inej značke. Ďalším variantom úspešnosti inovácie je, že jej pridaná hodnota spočíva vo vyriešení určitého problému pre výrobcu – t. j. zníženie spotreby drahého vstupného materiálu, šetrenie energie, zhodnocovanie technologického odpadu a pod. V praxi je to napr. výroba drevných kompozitných dosiek, presné obrábanie dreva CNC strojmi, využitie pilín a odrezkov ako substitučných surovín (výroba DTD, OSB, MDF), využitie lignínu (výroba biouhlika), tekutej živice (výroba biopolypropylénu), alebo na aplikácie mimo DSP (napr. čierny výluh ako aditívum do cementov, papierenský kal ako aditívum do hliny pri výrobe tehál).



Obr. 3 Klasický životný cyklus produktu (SlidePlayer, 2022).

Na obr. 3 je uvedené schematické znázornenie predaja inovatívneho produktu v čase, kde krivka príjmov je označená žltou farbou. Jedná sa o krivku prechádzajúcu jednotlivými fázami životného cyklu produktu (product lifecycle).

Obsah oblasti ohraničenej zápornou vodorovnou osou, zápornou zvislou osou a grafom „Príjmy“ (označené červenou farbou) predstavuje celkové množstvo investícií do vývoja produktu pred jeho uvedením na trh. Pre fázu vývoja produktu je dôležité, aby bol tento obsah čo najmenší, a preto firmy volia radšej inkrementálne inovácie, než radikálne – pre firmy to predstavuje menšie riziko, avšak pravdepodobne sú tým brzdené príjmy z produktu a tiež



technologický pokrok. V rámci DSP na Slovensku môžeme v tejto súvislosti uviesť ako príklad neochotu celulózok separovať a sušiť lignín za účelom jeho predaja, lebo vstupné investície a riziko spojené s touto technológiou sú relatívne vysoké (korózia potrubí po extrakcii lignínu z čierneho výluhu, výbušnosť sušeného lignínu), a celulózky radšej zostávajú pri starom spôsobe – spaľovanie čierneho výluhu na výrobu energie. Pri súčasných cenách energie je spaľovanie ekonomicky výhodnejšie, čo však bráni technologickému pokroku na poli bioplastov na báze lignínu a ich rozmachu na trhu.

*b) Prínos pre spotrebiteľa inovatívneho produktu*

Zákazník má osoh z nových, rozšírených vlastností inovatívneho produktu, ktoré mu uľahčujú život. Ďalším prínosom môže byť nižšia cena inovatívneho produktu, keďže je na jeho výrobu sú použité efektívnejšie technológie alebo lacnejšie materiály (pri dosiahnutí porovnateľnej kvality voči predchádzajúcemu produktu). Samostatným typom prínosu môže byť morálny osoh, ktorý prináša inovatívny produkt – keď zákazník oceňuje jeho ekologickosť - napr. náhrada petroplastov bioplastami, obsahujúcimi polypropylén vyrobený z tekutej živice (UPM, 2022).

*c) Prínos inovácie pre ekonomiku*

Inovatívny produkt je okrem producenta a spotrebiteľa prínosný pre celú ekonomiku, keďže buď zvyšuje príjmy (a tým aj zaplatené dane), alebo šetrí vstupný materiál a energie, alebo je prínosný z hľadiska ochrany životného prostredia, prípadne ide o kombináciu viacerých spomenutých faktorov.

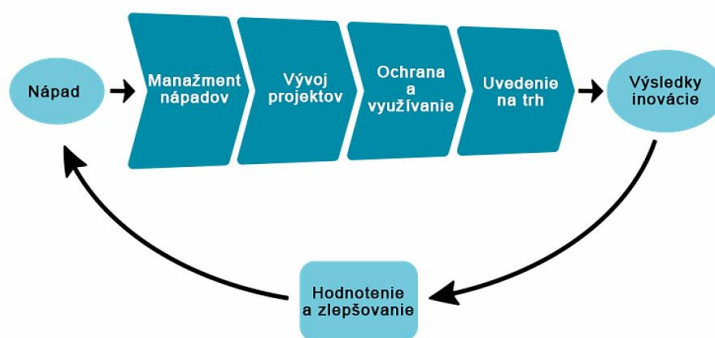
### **Substitúty inovatívneho produktu**

Ekonomická úspešnosť inovatívneho produktu je závislá od aktuálneho stavu na trhu, hlavne od vlastností, dostupnosti a cien substitútov daného inovatívneho produktu. Napríklad pri zvýšení ceny drevených dosiek, sa pravdepodobne zvýši dopyt po ich náhrade – t.j. po kompozitných doskách, ktoré už sú na trhu, alebo to vyvolá záujem vytvoriť nové, inovatívne kompozitné dosky – tento dopyt by teda anticipoval úspešnosť novej kompozitnej dosky na trhu. Podobne, zvýšenie ceny vstupného materiálu pre substitúty inovatívneho produktu (napr. zvýšenie ceny močovinoformaldehydovej živice, alebo legislatívne obmedzenie jej používania), má potenciál zvýšiť dopyt po takom inovatívnom produkte na báze dreva, ktorý obsahuje spojivo na odlišnej báze.

## **METÓDY V INOVAČNOM PROCESE**

### **Riadenie inovačného procesu**

Keď má firma stanovený inovačný rámec produktu, musí pristúpiť k manažovaniu danej inovácie. Manažment inovácie pozostáva z etáp znázornených na obr. 4.



Obr. 4 Manažment inovácií (InnoMe, 2024).

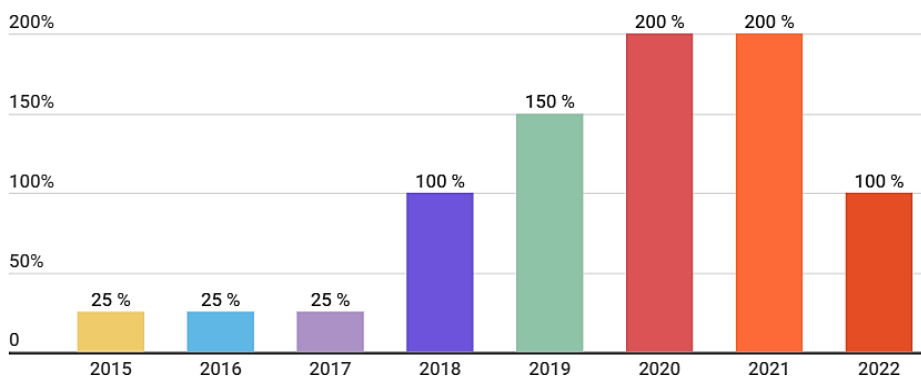
Fáza prinášania nápadov (brainstorming) je manažovaná, aby bola čo najefektívnejšia. Ďalej nasleduje fáza vývoja vybraného riešenia (projektu), vyriešenie otázky ochrany duševného vlastníctva, a až potom uvedenie nového alebo inovovaného produktu na trh. Produkt je naďalej monitorovaný, vyhodnocovaný je jeho úspech na trhu, a prípadne sú znovu prinášané nápady na jeho vylepšenie, inovovanie.

V procese vývoja nového produktu môže byť každá fáza inovovania produktu preverovaná a vyhodnocovaná pomocou prieskumu na trhu. Táto metóda je nákladnejšia a časovo náročnejšia než predošlá, avšak takýmto manažmentom inovácie dokážeme optimalizovať smerovanie predmetu inovácie, čo nám v konečnom dôsledku prinesie lepší výsledok v uplatnení produktu na trhu, môže produktu zabezpečiť dlhší životný cyklus a firme potom vyšší výnos z inovácie.

### Získavanie zdrojov na výskum a vývoj inovácií

Inovovanie a jeho rozsah závisí od veľkosti vstupnej investície, ktorú musí podnik vynaložiť. Niekedy má podnik prostriedky len na inkrementálnu inováciu produktu alebo procesu, avšak radikálna (podstatná) inovácia by mohla priniesť oveľa vyšší zisk. V takomto prípade podnik potrebuje externé finančné zdroje, ktoré môže získať od subjektov podporujúcich R&D: súkromných investorov (tzv. Business Angels), ktorí zvyknú požadovať určitý majetkový podiel na inovácii po jej vyvinutí; alebo od národných vlád, zo zdrojov EU, a i., vo forme dotácií z podporných grantových schém na tvorbu inovácií. Významnými grantovými schémami sú napr. Granty EHP a Nórska a Operačný program Výskum a Inovácie – OPVaI - od 2019 je súčasťou Operačného programu Integrovaná infraštruktúra (OPII) (EU a MŠVVaŠ SR a MH SR, 2022). Sprostredkovateľským orgánom pre implementáciu projektov v rámci programu OPII je Výskumná agentúra. Firmy, ktoré majú záujem čerpať zdroje zo spomínaných fondov na implementovanie inovácií, vývoj inovatívnych produktov a pod., môžu za účelom vypracovania výskumného projektu využiť aj služby príslušných poradenských agentúr.

Vlády zvyknú poskytovať aj daňové úľavy na výskum a vývoj. Výhodným nástrojom na podporu inovačných procesov bol v uplynulých rokoch tzv. daňový superodpočet na výskum a vývoj, ktorý umožňoval zníženie daňového základu inovujúcich firiem až o 200% nákladov reálne vynaložených na výskum a vývoj v rámci firmy, čo motivovalo firmy k vývoju nových produktov a prostriedky ušetrené vďaka tomuto nástroju, mohli vynaložiť na iné aktivity – napr. na marketing daného inovatívneho produktu.



Obr. 5 Legislatívna výška sadzby superodpočtu nákladov na výskum a vývoj v SR (Gondár, 2021).

### Marketing inovácie na trhu

V inovačnom procese je dôležité nielen správne si stanoviť predmet inovácie, vypracovať projekt z technického hľadiska, právne ochrániť vzniknuté duševné vlastníctvo (Intellectual Property protection) – z ekonomického hľadiska je dôležitým bodom uvedenie produktu na trh. Komunikácia s trhom (s potenciálnymi zákazníkmi) je dôležitá vo fáze pred vyvíjaním inovácie, aj počas jej vyvíjania, aby producent vedel optimalizovať smerovanie inovácie a efektívne ju manažovať. Vo fáze, keď je produkt už na trhu, je sledovaná a vyhodnocovaná jeho úspešnosť a producent sa snaží odhadnúť veľkosť jeho životného cyklu (obr. 3). Cieľom je, aby krivka životného cyklu siahala v diagrame čo najvyššie (k čo najväčším výnosom) a čo najďalej doprava (zachytenie čo najdlhšieho časového obdobia).

Snahou producenta inovácie je jej difúzia – je to jav, keď inovácia preniká do mnohých sektorov ekonomiky, ťaží z nej veľký počet rozdielnych subjektov (ECB, 2017), čo jej prináša väčšiu ekonomickú úspešnosť. ECB (2017) uvádza, že difúzia inovácií v eurozóne prebieha pomaly, a dôležitým kritériom pri difúzii je produktivita firmy: zatiaľ čo veľmi produktívne firmy dokážu ťažiť z inovácií, málo produktívne firmy z nich veľký prospech nemajú. To znamená, že málo produktívne firmy nezavádzajú vo svojich procesoch inovácie, ktoré sú na trhu. Príčinou môže byť aj nesprávny marketing zo strany producenta inovácie – napr. chýbajúca cenová diverzita pre rôzne skupiny zákazníkov, chýbajúca individualizácia licencovania inovácie (výška a podmienky licencie podľa zákazníka).

Pre každú inováciu je nezvratné, že dospeje k fáze svojho zastarania, avšak správnym postupom producenta je snaha túto fázu oddaľovať, a to viacerými marketingovými spôsobmi – napr. ako uvádza SlidePlayer (2022): 1) nachádzanie nových trhov pre produkt (medzinárodné rozširovanie produktu), 2) nachádzanie nových segmentov trhu (difúzia), 3) zmena veľkosti alebo vzhľadu balenia produktu, 4) pridávanie nových črt produktu (napr.: lacnejší, a tiež lepšie recyklovateľný...), 5) zmena ceny a 6) aplikácia nových propagačných metód produktu (napr. internetové marketingové kanály).

### Ekonomická analýza inovácie

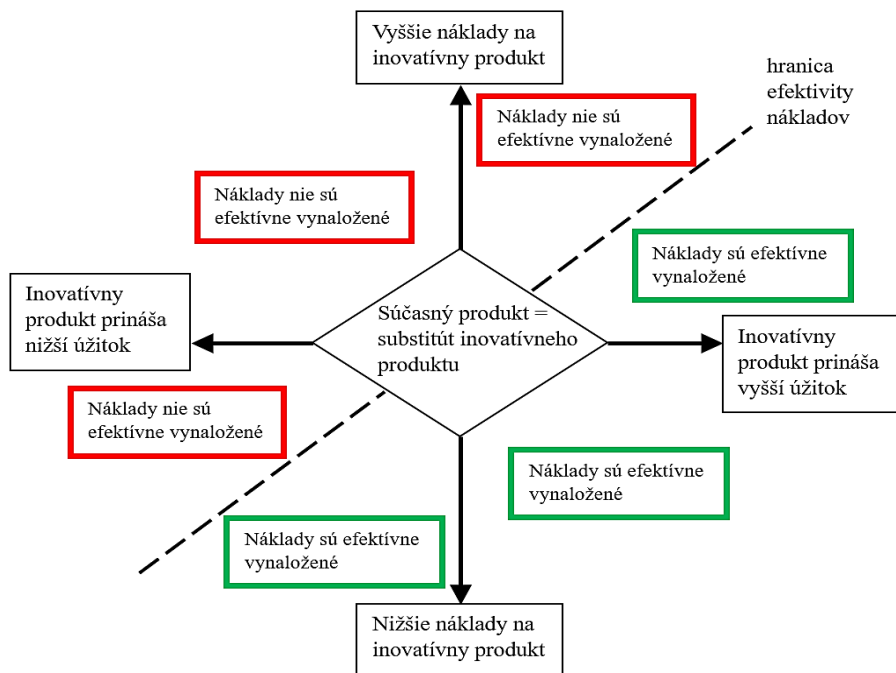
Používané sú rôzne postupy (metódy) komparatívnej ekonomickej analýzy alternatív produktov alebo služieb, ktorými je skúmaná hlavne opodstatnenosť investovania prostriedkov do daných alternatív a vyhodnocované sú rôzne formy prínosu alternatív voči vynaloženým nákladom (vlastné spracovanie podľa International Waters, 2024): 1) “Cost-effectiveness Analysis” (CEA) – analýza efektivity nákladov, porovnávajúca náklady a účinnosť – vzájomné porovnanie alternatív (riešení, produktov, výkonov, služieb) na základe vyčíslenia s nimi spojených nákladov (výdavkov), a porovnania daných nákladov s účinkami každej alternatívy, kde posúdenie, či je daná alternatíva hodná vynaložených nákladov, spolu s výberom najlepšej



z nich, sú ponechané na subjektívny názor hodnotiteľa, 2) “Cost-benefit Analysis” (CBA) - analýza porovnávajúca náklady a prínos, úžitok (tržby) produktu alebo služby, na základe vyčíslenia pomeru nákladov voči vytvorenému prínosu pomocou spoločného meradla, t. j. peňažných jednotiek; eliminuje sa tým subjektívny názor hodnotiteľa, či daná alternatíva je hodná vynaložených nákladov. Poonia et al. (2023) použil výraz “benefit-cost ratio”, ktorým vyjadril pomer súhrnného úžitku k celkovým nákladom.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Aplikovaním uvedených postupov/metód sú počas realizácie inovačného procesu, ale aj následne počas výrobného procesu generované príslušné náklady (výdavky), a na druhej strane sú generované príjmy z predaja inovatívneho/inovovaného produktu, príp. ako výsledok šetrenia zdrojov. Vo firemnej praxi väčšinou prebieha viacero inovačných procesov naraz a na rôznych úrovniach, a preto je potrebné ich periodicky vyhodnocovať z hľadiska efektivity vynaložených nákladov v rôznych zvolených úrovniach: na úrovni produktu, skupiny produktov, divízií alebo celej firmy.



Obr. 6.: Efektívnosť nákladov (spracované podľa Turner et al., 2021).

Zjednodušene je možné výsledok tohto hodnotiaceho procesu vyjadriť diagramom na obr. 6. Sú na ňom znázornené prípady, ktoré môžu nastať vo vzťahu medzi vynaloženými nákladmi na inovatívny produkt a úžitkom, ktorý produkt prináša; sektor diagramu znázorňujúci kombináciu vyšších nákladov na produkt, a zároveň vyššieho úžitku z produktu (a podobne aj nižších nákladov na produkt, a nižšieho úžitku z produktu) pretína tzv. hranica efektivity nákladov, ktorá vyjadruje stav, keď sa celkové náklady na produkt (službu a pod.) rovnajú súhrnnému úžitku z neho (Čerešňa, 2024). Polia na jednej strane hranice vyjadrujú stav, keď náklady neboli efektívne vynaložené, t. j. produkt neprináša požadovaný/očakávaný úžitok (v diagrame vyznačené červenou farbou); polia na druhej strane hranice zodpovedajú efektívne vynaloženým nákladom, keď produkt prináša požadovaný/očakávaný úžitok (v diagrame sú vyznačené zelenou farbou) (Čerešňa, 2024).





Vplyvom neustále sa meniacej situácie na trhu (fluktuácia dopytu, cien surovín a energie, meniace sa nálady spotrebiteľov) sa inovatívny produkt v sledovanom čase môže nachádzať v rôznych sektoroch diagramu a na oboch stranách hranice efektivity nákladov, preto je pre firmu výhodné pravidelné vyhodnocovanie efektivity vynaložených nákladov voči jeho substitútu, čo umožní firme robiť ekonomické rozhodnutia týkajúce sa produkcie inovatívneho produktu vs. produkcie substitútu, a tiež ich distribúcie na rôzne trhy. Meniaca sa situácia na trhu vystupuje ako obmedzujúci faktor pri snahe o jednoznačné stanovenie ekonomickej úspešnosti sledovaného inovačného procesu.

## ZÁVER

Pokrok v drevospracujúcom priemysle sa prejavuje formou inovácií, zabezpečujúcich nové alebo zdokonalené technológie, výrobky a služby, ktoré majú za cieľ zefektívniť výrobný a distribučný proces, zvýšiť užívateľský komfort spotrebiteľa, šetriť zdroje, chrániť životné prostredie. Pri inováciách je dôležité, aby boli aplikované v praxi, uvedené na trh. Inovujúcimi subjektami môžu byť výrobné firmy (producenti výrobkov a služieb), inovačné firmy, ktoré sa sústreďujú len na vývoj inovácií, nie na produkciu, ďalej univerzity, ktorých náplňou je okrem vzdelávacej aj výskumná činnosť, a tiež jednotlivci s potenciálom založenia prosperujúceho startupu na základe svojho inovačného nápadu. V príspevku je uvedený prehľad základných faktorov a metód, ktoré by mali inovujúce subjekty zohľadňovať a vyhodnocovať, resp. používať v inovačnom procese.

## LITERATÚRA:

- ALEXY, J., 2016: Ekonomika zmien a inovácie v procese tvorby hodnoty a konkurencieschopnosti. In: Ekonomické rozhľady – Economic Review, vol. 45., 4/2016, s. 442
- CHROMJAKOVÁ, F. A RAJNOHA, R., 2009: Ekonomika inovácie ako súčasť zvyšovania výkonnosti firmy. In: Journal of Competitiveness
- ČEREŠŇA, R., 2024: Uvedenie produktovej inovácie na báze dreva na trh (Dizertačná práca), Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen
- Európska centrálna banka (ECB), 2017: Ako vedú inovácie k rastu?
- Európska únia (EU) a Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu SR (MŠVVaŠ SR) a Ministerstvo hospodárstva SR (MH SR), 2022: Aktuality, <https://www.opvai.sk/sk/>
- GONDÁR, M., 2021: Od roku 2022 bude superodpočet na výskum a vývoj iba 100 %. SmarTech Solutions
- InnoMe, 2024: Procesy manažérstva inovácií, <http://elearning.innovationdevelopment.eu/sk/content/18>
- International Waters Learning Exchange & Resource Network, 2024: Economic Analysis of Options and Alternatives
- MARKKULA, M. A LAPPALAINEN, P., 2008: New Openings in University-Industry Cooperation: The Innovation University as the Forerunner of European University Reform. At: SEFI Annual Conference, Aalborg
- POONIA, S. et al., 2023: Economic Analysis of a Business Model of Basin-type Building Material-based Solar Thermal Desalination Device. In: Desalination and Water Treatment
- SlidePlayer, 2022: 4.5 Product (Presentation)
- SZAKÁLY, D.: Manažment inovácií, University of Miskolc
- TURNER, H. C. et al., 2021: An Introduction to the Main Types of Economic Evaluations Used for Informing Priority Setting and Resource Allocation in Healthcare: Key Features, Uses, and Limitations. In: Frontiers Public Health 9:722927
- UPM, 2022: UPM Formi EcoAce WB, Technical Specification



### **Pod'akovanie**

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy číslo APVV-21-0500.

#### **Adresa autora:**

Ing. Rastislav Čerešňa, PhD.  
Výskumný ústav papiera a celulózy a.s.,  
Dúbravská cesta 14,  
841 04 Bratislava,  
e-mail: ceresna@vupc.sk, rceresna@yahoo.com.